



TUGAS AKHIR - SS141501

**PEMETAAN RISIKO KEKERINGAN
DI NUSA TENGGARA TIMUR
BERDASARKAN PREDIKSI *RETURN PERIOD***

**ROSYIDA INAS
NRP 1313 100 095**

**Dosen Pembimbing
Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si
Dr. Kartika Fithriasari, M.Si**

**PROGRAM STUDI S1
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR - SS 141501

**PEMETAAN RISIKO KEKERINGAN
DI NUSA TENGGARA TIMUR
BERDASARKAN PREDIKSI *RETURN PERIOD***

**ROSYIDA INAS
NRP. 1313 100 095**

**Dosen Pembimbing
Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si
Dr. Kartika Fithriasari, M.Si**

**PROGRAM STUDI S1
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT - SS 141501

**DROUGHT RISK MAPPING
IN NUSA TENGGARA TIMUR
BASED ON RETURN PERIOD PREDICTION**

**ROSYIDA INAS
NRP. 1313 100 095**

**Supervisor
Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si
Dr. Kartika Fithriasari, M.Si**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMETAAN RISIKO KEKERINGAN DI NUSA TENGGARA TIMUR BERDASARKAN PREDIKSI *RETURN PERIOD*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada

Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ROSYIDA INAS
NRP 1313 100 095

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si
NIP. 19820326 200312 1 004

Dr. Kartika Fithriasari, M.Si
NIP. 19691212 199303 2 002

()
()

Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

Dr. Suhartono

NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JANUARI 2017

**PEMETAAN RISIKO KEKERINGAN
DI NUSA TENGGARA TIMUR
BERDASARKAN PREDIKSI *RETURN PERIOD***

Nama : Rosyida Inas
NRP : 1313 100 095
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si
Dr. Kartika Fithriasari, M.Si

Abstrak

Kekeringan merupakan bencana hidrologi dan meteorologi yang memberikan dampak negatif bagi manusia dan lingkungannya. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi NTT menyebutkan pada tahun 2015 terdapat 20 kabupaten di NTT yang dilanda kekeringan. Oleh karena itu penelitian ini mengkaji risiko kekeringan di NTT dengan menggunakan Standardized Precipitation Index (SPI) pada skala waktu 1 bulan. Penelitian dilakukan pada data curah hujan harian di NTT tahun 1999-2015. Dari analisis yang dilakukan, nilai SPI dapat memantau kekeringan di NTT dengan proporsi kekeringan yang terjadi sekitar 12-15% selama 17 tahun (1999-2015). Puncak kekeringan terbesar terjadi di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega serta kekeringan dengan durasi dan kekuatan (magnitudo) paling besar terjadi di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega dan Stasiun Meteorologi Gewayantana. Selanjutnya, prediksi return period untuk 5, 25, dan 50 tahun dihitung untuk merancang durasi dan magnitudo kekeringan yang dapat terjadi di NTT dan pemetaan risiko kekeringan. Hasil pemetaan menunjukkan Stasiun Meteorologi Gewayantana merupakan kabupaten dengan nilai tertinggi durasi dan magnitudo untuk masing-masing return period. Sedangkan Stasiun Meteorologi Komodo dan Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega cenderung memiliki nilai durasi dan magnitudo terendah jika dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya.

Kata Kunci : *Kekeringan, Return Period, Standardized Precipitation Index*

**DROUGHT RISK MAPPING
IN NUSA TENGGARA TIMUR
BASED ON RETURN PERIOD PREDICTION**

Name : Rosyida Inas
NRP : 1313 100 095
Department : Statistika FMIPA-ITS
Supervisor : Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si
Dr. Kartika Fithriasari, M.Si

Abstract

Drought is a meteorological and hydrological disasters which adversely affect man and the environment. Regional Disaster Management Agency of NTT province said in 2015 there were 20 districts in the province were hit by drought. Therefore, this study examines the risk of drought in the province using the Standardized Precipitation Index (SPI) on a period time of 1 month. The study was conducted on a daily rainfall data in NTT years 1999-2015. Based on the analysis, the value of SPI can monitor the drought in the province with the proportion of the drought that occurred around 12-15% for 17 years (1999-2015). The peak of the drought occurred in the Meteorological Station Frans Sales Lega and the drought with most powerful magnitude as well as duration occurred in the Meteorological Station Frans Sales Lega and Gewayantana. Furthermore, the prediction of the return period for 5, 25, and 50 years is calculated to design the duration and magnitude of drought occurred in NTT and the drought risk mapping. Mapping results indicate Gewayantana Meteorological Station is the station with the highest value of the duration and magnitude for each return period. While the Meteorological Station Meteorological Station Komodo and Frans Sales Lega tends to have the lowest value of duration and magnitude when compared to other observation stations.

Key Words : *Drought, Return Period, Standardized Precipitation Index*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul

“Pemetaan Risiko Kekeringan di Nusa Tenggara Timur Berdasarkan Prediksi *Return Period*”

Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik dan lancar tidak lepas dari banyaknya bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si dan Dr. Kartika Fithriasari, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, mengarahkan, membimbing dengan sabar, dan memberikan dukungan yang sangat besar bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Suhartono selaku Ketua Jurusan Statistika ITS yang telah menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Sutikno, S.Si, M.Si selaku Kaprodi S1 Jurusan Statistika ITS sekaligus dosen penguji yang telah memberikan saran-saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak R. Mohamad Atok, S.Si, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drs. I Nyoman Latra, M.Sc selaku dosen wali yang telah memberikan nasihat, motivasi, serta bimbingan selama perkuliahan.
6. Bapak Dr. Lamto Widodo dan Mama tersayang Suharmini atas doa, nasihat, kasih sayang, dan dukungan yang selalu diberikan kepada penulis sehingga menjadi termotivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Saudara tercinta Umar Musthofa Asaduddin, Lathifa Rahmah, dan Ghози Abdullah yang selalu menghibur dan menjadi penyemangat penulis.

8. Naysila Sintyaningrum, Krisna Wulandari, Rya Sofi Aulia, Hana Abshari, dan Ratih Ardiatiningrum yang memberikan dukungan, serta ada di saat suka duka sehingga penulis menjadi bersemangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
9. Teman - teman tercinta di kontrakan Afifah, Wardah, Ratna, Zizi, Masruroh, dan Nuha yang selalu memberi dukungan, semangat, menghibur serta bertukar cerita selama di Surabaya.
10. Teman-teman JMMI ITS 16/17, dan teman-teman IAIC Surabaya yang telah membantu dan memberikan semangat untuk lancarnya penulisan Tugas Akhir ini
11. Teman-teman seperjuangan $\Sigma 24$ yang mengajarkan kebersamaan dan rasa kekeluargaan selama hampir 4 tahun ini.
12. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Pembuatan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, besar harapan dari penulis untuk menerima kritik dan saran yang berguna untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kekeringan	7
2.2 Curah hujan	9
2.3 <i>Preprocessing</i> Data	12
2.4 <i>Standardized Precipitation Index</i> (SPI)	13
2.5 <i>Joint Probability Density Function</i> (PDF) dan Estimasinya	18
2.6 <i>Return Period</i>	19
2.7 Peta Risiko Kekeringan	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	27
3.2 Variabel Penelitian	27
3.3 Langkah Penelitian	27

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 <i>Preprocessing</i> Data Curah Hujan	31
4.2 Statistika Deskriptif Curah Hujan di Sembilan	
Stasiun Pengamatan	34
4.3 <i>Standardized Precipitation Index</i> (SPI).....	37
4.3.1 Durasi, Kekuatan, dan Intensitas Kekuatan	
Kekeringan	43
4.3.2 <i>Joint Probability Density Function</i> (PDF) dan <i>Return</i>	
<i>Period</i>	44
4.4 Pemetaan Risiko Kekeringan di NTT Berdasarkan	
<i>Return Period</i>	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	63
BIODATA PENULIS	81

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Urutan dan Dampak Kekeringan.....	8
Gambar 2.2 Pola Curah Hujan Monsun	10
Gambar 2.3 Pola Curah Hujan Equitorial	11
Gambar 2.4 Pola Curah Hujan Lokal.....	11
Gambar 2.5 Hubungan Defisit Curah Hujan dan Kekeringan	12
Gambar 2.6 Contoh <i>Equiprobability Transformation</i>	16
Gambar 2.7 Penggambaran Karakteristik Kekeringan Berdasarkan SPI	17
Gambar 2.8 Grafik TDF untuk Pos Hujan SBK dan BSK Pada Periode Ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun	24
Gambar 2.9 Grafik TDF untuk Pos Hujan SBK dan BSK Pada Periode Ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun	24
Gambar 2.10 Peta Risiko Kekeringan Nusa Tenggara Timur 2010	25
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	29
Gambar 4.1 Persebaran Stasiun Meteorologi/Klimatologi di NTT	32
Gambar 4.2 Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Meteorologi Komodo	36
Gambar 4.3 Karakteristik SPI Bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo pada Tahun 1999-2015	38
Gambar 4.4 Karakteristik SPI Bulanan di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega pada Tahun 1999-2015	40
Gambar 4.5 <i>Joint PDF</i> Durasi dan <i>Magnitude</i> di Stasiun Meteorologi Komodo	44
Gambar 4.6 Grafik TDF Tujuh Stasiun Pengamatan pada <i>Return Period</i> 5, 25, dan 50 Tahun	47

Gambar 4.7 Grafik TMF Tujuh Stasiun Pengamatan pada <i>Return Period</i> 5, 25, dan 50 Tahun	48
Gambar 4.8 Pemetaan Durasi Kekeringan pada Beberapa Stasiun di NTT untuk <i>Return Period</i> 5 Tahun ...	49
Gambar 4.9 Pemetaan Durasi Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada <i>Return Period</i> 25 Tahun...	50
Gambar 4.10 Pemetaan Durasi Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada <i>Return Period</i> 50 Tahun .	51
Gambar 4.11 Pemetaan <i>Magnitude</i> (Kekuatan) Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada <i>Return</i> <i>Period</i> 5 Tahun	52
Gambar 4.12 Pemetaan <i>Magnitude</i> (Kekuatan) Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada <i>Return</i> <i>Period</i> 25 Tahun	53
Gambar 4.13 Pemetaan <i>Magnitude</i> (Kekuatan) Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada <i>Return</i> <i>Period</i> 50 Tahun	54

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kriteria Intensitas Curah Hujan di Indonesia	9
Tabel 2.2 Kategori Kekeringan Berdasarkan Nilai SPI	16
Tabel 3.1 Struktur Data Variabel Curah Hujan	27
Tabel 4.1 Jumlah Data <i>Missing</i> pada Masing-Masing Stasiun	31
Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian di Stasiun Meteorologi Umu, Lasiana, Eltari, dan Tardamu pada Tanggal 1-9 Januari 1999	33
Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata, Standar Deviasi, dan Kisaran Tinggi Curah Hujan di Sembilan Stasiun Pengamatan Tahun 1999-2015	35
Tabel 4.4 Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Komodo Tahun 1999-2015	38
Tabel 4.5 Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega Tahun 1999-2015	40
Tabel 4.6 <i>Chi-square Test</i> untuk Pencocokan Distribusi Durasi dan <i>Magnitude</i>	45
Tabel 4.7 Durasi Kekeringan di Stasiun Pengamatan Berdasarkan <i>Return Period</i> 5, 25, dan 50 Tahun	46
Tabel 4.8 <i>Magnitude</i> Kekeringan Stasiun Pengamatan Berdasarkan <i>Return Period</i> 5, 25, dan 50 Tahun	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1A Data Curah Hujan (mm) Stasiun Meteorologi Komodo, Frans Sales Lega, dan Gewayantana Tahun 1999-2015	63
Lampiran 1B Data Curah Hujan (mm) Stasiun Meteorologi Mali, Umbu Mehang Kunda, Lasiana, Eltari, dan Tardamu Tahun 1999-2015	64
Lampiran 2 Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Pengamatan Tahun 1999-2015	65
Lampiran 3 Tampilan Aplikasi SPI_SL_6.exe	69
Lampiran 4 Karakteristik SPI Bulanan pada Tahun 1999- 2015	70
Lampiran 5A Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Gewayantana Tahun 1999-2015	74
Lampiran 5B Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda Tahun 1999-2015	74
Lampiran 5C Kejadian Kekeringan di Stasiun Klimatologi Lasiana Tahun 1999-2015	75
Lampiran 5D Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Eltari Tahun 1999-2015	75
Lampiran 5E Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Tardamu Tahun 1999-2015	76
Lampiran 6 <i>Script Joint</i> PDF dalam <i>Package</i> sm, rpanel, dan <i>rgl Software</i> R	76
Lampiran 7 <i>Joint</i> PDF Durasi dan <i>Magnitude</i>	77
Lampiran 8 Tampilan Aplikasi <i>HYFA</i>	78
Lampiran 9 Surat Pernyataan Data Tugas Akhir	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kekeringan adalah ketersediaan air yang jauh di bawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi, dan lingkungan (Undang Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana). Kekeringan juga merupakan bencana hidrologi dan meteorologi (Guha, Vos, Below & Ponserre, 2012). Kekeringan menempati urutan pertama berdasarkan karakteristik bahaya dan dampak yang ditimbulkan, kemudian disusul oleh banjir, gempa bumi, dan gunung meletus (Tadesse, Wilhite, Harms, Hayes & Goddard, 2004). Ketika suatu daerah mengalami kekeringan maka akan berakibat pada kurangnya kelembaban tanah yang nantinya akan menyebabkan panen atau hasil produksi pertanian menjadi tidak maksimal (Mishra & Singh, 2010). Selain itu, apabila kekeringan terjadi secara berkepanjangan selama satu musim atau lebih maka akan mengakibatkan ketidakmampuan memenuhi kebutuhan air yang dicanangkan. Hal ini dapat menimbulkan dampak terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan alam (Balai Hidrologi, 2003).

Menurut catatan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2011), rata-rata kejadian bencana di Indonesia selama tahun 2002 sampai 2009 adalah bencana kekeringan yang menduduki peringkat kedua setelah bencana banjir dengan rata-rata kejadian kekeringan sebanyak 156 kejadian per tahun. Selain itu pada periode 2006-2010 terjadi 58 kejadian kebakaran hutan dan lahan. Intensitas bahaya kekeringan ini cenderung naik dari periode 2010-2015 (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2014). Kepala Kantor Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) melalui Kompas (2015) menyebutkan terdapat dua puluh kabupaten di NTT yang dilanda kekeringan, yakni terdiri atas 270 desa dan kelurahan. Kekeringan tersebut menjadikan lahan masyarakat kering dan ketersediaan air pun berkurang. Selain itu, menurut Indonesia *Food Security*

Monitoring Bulletin (2015), sepuluh kabupaten di Provinsi NTT menjadi prioritas pertama dalam klasifikasi kabupaten yang mengalami dampak kekeringan di Indonesia. Kabupaten prioritas pertama merupakan kabupaten yang tidak hujan selama lebih dari 60 hari dan tingkat kemiskinannya di atas 20%.

Wilhite & Knutson (2007) mengatakan bahwa terdapat 4 komponen penting dalam pengelolaan kekeringan yaitu: 1) tersedianya informasi yang tepat waktu dan dapat diandalkan pada para pengelola dan pengambil kebijakan; 2) kebijakan dan pengaturan kelembagaan yang mendukung pengkajian, komunikasi, dan penerapan informasi tersebut; 3) tersedianya kumpulan upaya pengelolaan risiko untuk para pengambil kebijakan, dan 4) tindakan oleh para pengambil keputusan yang efektif dan konsisten dalam mendukung strategi kekeringan nasional. Salah satu bagian dari strategi kekeringan adalah pemetaan yang berisi informasi daerah potensial dilanda kekeringan sehingga dapat memprediksi kekeringan dan memberikan peringatan dini terkait kekeringan. Pemetaan risiko kekeringan ini difokuskan untuk NTT karena berdasarkan penjelasan sebelumnya, kabupaten-kabupaten di NTT masuk dalam prioritas pertama terkait dampak kekeringan yang dialami. Pemetaan risiko kekeringan ini bermanfaat dalam memberikan kualitas data yang dapat meningkatkan kesadaran masyarakat dan mengarahkan tindakan masyarakat untuk mengurangi risiko terjadinya kekeringan di suatu daerah. Selain itu, pemetaan risiko juga menyajikan bagaimana risiko dapat dikomunikasikan dengan cara yang mudah dipahami (Neil, 2012).

Untuk menggambarkan tingkat kekeringan atau derajat kekeringan di suatu daerah, diperlukan indeks yang mewakili suatu keadaan kekeringan tersebut. Indeks kekeringan yang umum digunakan menurut Palchaudhuri dan Biswas (2013) antara lain *Standardized Precipitation Index* (SPI), *Palmer Drought Severity Index* (PSDI), *Crop Moisture Index* (CMI), dan *Surface Water Supply Index* (SWSI). Pada *Press Release* No. 872 dinyatakan bahwa para ahli bersepakat pada pertemuan *Inter-*

Regional WMO Workshop on Indices and Early Warning Systems agar setiap *National Meteorological and Hydrological Services* (NHMS), dimana BMKG adalah salah satu anggotanya untuk menggunakan *Standardized Precipitation Index* (SPI) dalam memantau tingkat kekeringan meteorologis (*World Meteorological Organization*, 2009). Oleh karena pernyataan *Press Release* tersebut, maka indeks kekeringan yang digunakan pada penelitian ini adalah SPI. Selain itu, menurut Bordi, Fraedrich & Sutera (2009), SPI banyak digunakan karena dapat memberikan perbandingan yang handal dan relatif mudah digunakan pada kondisi iklim dan tempat yang berbeda.

Indikator kekeringan berdasarkan nilai SPI dikategorikan menjadi empat jenis menurut McKee, Dosken & Kleist (1993) yaitu: 1) *near normal* yakni terjadi defisit air yang mengakibatkan padang rumput atau tanaman belum cukup memenuhi kebutuhan air; 2) *moderate drought* mengakibatkan beberapa kerusakan pada tanaman dan padang rumput, sedangkan sungai, waduk atau sumur mengalami kekurangan air; 3) *severe drought* berupa kerugian pada tanaman atau padang rumput, serta kekurangan air dan terjadi pembatasan air yang dapat digunakan; dan 4) *extreme drought* mengakibatkan dampak besar terhadap tanaman dan padang rumput serta kekurangan air yang sangat luas. SPI ini juga sudah digunakan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika untuk memetakan kekeringan di Indonesia, namun peta yang dihasilkan oleh BMKG ini tidak berdasarkan prediksi *return period* sehingga memungkinkan ada informasi yang hilang.

Return period bertujuan untuk merancang durasi dan besarnya kekuatan kekeringan yang dapat terjadi di Nusa Tenggara Timur. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan perhitungan *return period* untuk pemetaan risiko kekeringan di Nusa Tenggara Timur dengan *return period* yang dirancang yakni 5, 25, dan 50 tahun. Pemilihan *return period* ini didasari oleh kriteria dari intensitas kekeringan berdasarkan definisi hidrologis, yaitu: 1) kering: apabila debit sungai mencapai periode ulang aliran di bawah periode 5 tahunan, 2) sangat kering: apabila debit

air sungai mencapai periode ulang aliran jauh di bawah periode 25 tahunan; dan 3) amat sangat kering: apabila debit air sungai mencapai periode ulang aliran amat jauh di bawah periode 50 tahunan (Handayani, 2003).

Nilai *return period* didapatkan dari hasil perhitungan *joint cumulative Probability Distribution Function* (PDF) antara durasi kekeringan dan *magnitude* (kekuatan) SPI sehingga dapat terbentuk grafik *Time Scale-Duration-Frequency* (TDF) dan *Time Scale Magnitude-Frequency* (TMF). TDF dan TMF merujuk pada Saravi, Safdari, & Malekian (2009) yang menganalisis dan merancang *return period* kekeringan di daerah aliran sungai Karoon, Iran dengan menggunakan SPI skala 3, 6, dan 12 bulan. Penelitian tersebut memberikan kesimpulan bahwa peta distribusi kekeringan yang dihasilkan menunjukkan bahwa kondisi ekstrem mendominasi wilayah tenggara. Penelitian lainnya terkait penggunaan SPI dilakukan oleh Dahal, Shree, Lall, Krakauer, Panthi, Pradhanang, Jha & Lakhankar (2015) yang meneliti tentang pola spasial dan temporal kejadian kekeringan di Nepal Tengah menggunakan SPI dengan berbagai skala waktu. Kesimpulan yang didapatkan yakni pada bulan November dan Desember, diketahui terdapat tren menurun untuk curah hujan sehingga kebanyakan stasiun mengalami peningkatan keparahan dan frekuensi kejadian kekeringan. Selain itu, SPI dinyatakan dapat menunjukkan karakteristik kekeringan.

Berdasarkan uraian tersebut, kajian yang dibahas dalam penelitian ini yakni mengenai pemetaan risiko kekeringan di Nusa Tenggara Timur. Pemetaan ini berdasarkan prediksi *return period* dengan menggunakan *Standardized Precipitation Index* (SPI) skala waktu 1 bulan. Sehubungan dengan itu, penelitian ini menggunakan judul **Pemetaan Risiko Kekeringan di Nusa Tenggara Timur Berdasarkan Prediksi *Return Period*.**

1.2 Rumusan Masalah

Bencana kekeringan menyebabkan banyak kerugian dan dampak bagi masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan prediksi

return period dengan menggunakan *Standardized Precipitation Index* (SPI) skala waktu 1 bulan dimana hasil prediksi *return period* yang dihasilkan dapat digunakan untuk membuat pemetaan risiko kekeringan di Nusa Tenggara Timur. Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mengetahui daerah di Nusa Tenggara Timur yang akan mengalami kekeringan kembali (*return period*).

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengestimasi *return period* serta menerapkan *return period* untuk pemetaan risiko kekeringan di Nusa Tenggara Timur.
2. Menganalisis fenomena bencana kekeringan setelah dilakukan pemetaan risiko kekeringan di Nusa Tenggara Timur untuk memberikan rekomendasi terkait strategi mitigasi.

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah mengetahui gambaran fenomena bencana kekeringan di Nusa Tenggara Timur sebagai penerapan ilmu statistika. Di samping itu, dapat digunakan sebagai *early warning* BMKG untuk memprediksi risiko bencana kekeringan dengan melihat pola *Standardized Precipitation Index* (SPI) terhadap fenomena bencana kekeringan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah peneliti menggunakan data curah hujan harian di Nusa Tenggara Timur pada tahun 1999 sampai dengan 2015. Selain itu, metode yang digunakan peneliti adalah dengan prediksi *return period* 5, 25, dan 50 tahun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kekeringan

Kekeringan secara umum bisa didefinisikan sebagai pengurangan persediaan air atau kelembaban yang bersifat sementara secara signifikan di bawah normal atau *volume* yang diharapkan untuk jangka waktu tertentu (Raharjo & Dwi, 2010). Sedangkan menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana mendefinisikan kekeringan adalah ketersediaan air yang jauh di bawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi dan lingkungan.

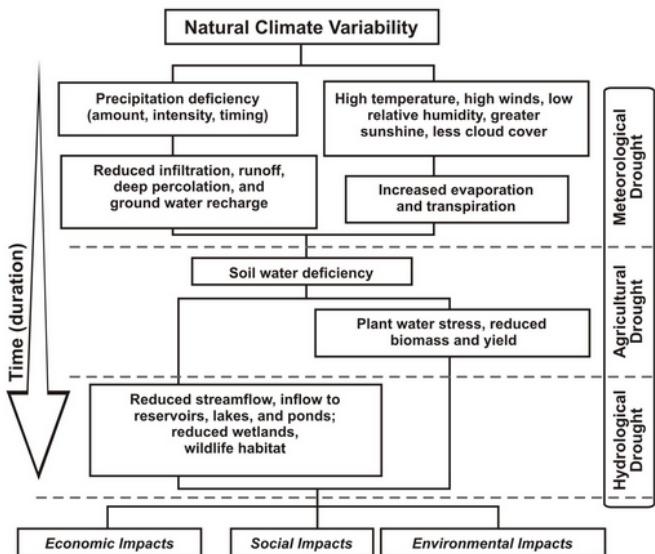
Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) membagi dua kategori kekeringan yaitu kekeringan alamiah dan kekeringan yang diakibatkan perbuatan manusia (Handayani, 2003). Adapun kekeringan alamiah terbagi menjadi lima sudut pandang yaitu:

- a. Kekeringan meteorologis berkaitan dengan tingkat curah hujan di bawah normal dalam satu musim. Pengukuran kekeringan meteorologis merupakan indikasi pertama adanya kekeringan.
- b. Kekeringan hidrologis berkaitan dengan kekurangan pasokan air permukaan dan air tanah. Kekeringan ini diukur berdasarkan elevasi muka air sungai, waduk, danau, dan elevasi muka air tanah. Ada tenggang waktu mulai berkurangnya hujan sampai menurunnya elevasi muka air sungai, waduk, danau, dan elevasi muka air tanah. Kekeringan hidrologis bukan merupakan indikasi awal adanya kekeringan.
- c. Kekeringan pertanian berhubungan dengan kekurangan lengas tanah (kandungan air dalam tanah) sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman tertentu pada periode waktu tertentu dalam wilayah yang luas. Kekeringan pertanian ini terjadi setelah gejala kekeringan meteorologis.
- d. Kekeringan sosial ekonomi berkaitan dengan kekeringan yang memberi dampak terhadap kehidupan sosial ekonomi seperti: rusaknya tanaman, peternakan, perikanan, berkurangnya tenaga listrik dari tenaga air, terganggunya kelancaran

transportasi air, menurunnya pasokan air baku untuk industri domestik dan perkotaan.

- e. Kekeringan hidrotopografi berkaitan dengan perubahan tinggi muka air sungai antara musim hujan, musim kering, dan topografi lahan.

Berkurangnya curah hujan biasanya ditandai dengan berkurangnya air dalam tanah sehingga pertanian merupakan sektor pertama yang akan terpengaruh. Tidak mudah untuk mengetahui kapan kekeringan dimulai atau berakhir, dan kriteria apa yang digunakan untuk menentukannya. Menurut Amberkahi, Anggraeni, Pribadi, Mardanis, Febryanti & Kusairi (2014), kekeringan itu berakhir bisa saja ditandai dengan faktor-faktor meteorologi dan klimatologi atau ditandai dengan berkurangnya dampak negatif yang dialami oleh manusia dan lingkungannya. Peranan hujan dalam memicu kekeringan yang berdampak luas pada kehidupan masyarakat pada khususnya dan negara pada umumnya disajikan pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Urutan dan Dampak Kekeringan
(Sumber : *National Drought Mitigation Center*, 2015)

Dampak atau risiko kekeringan yang ditimbulkan berdasarkan Gambar 2.1 dapat dikelola dan dikurangi dengan manajemen risiko kekeringan. Sebagaimana yang tertuang dalam *World Meteorological Organization* (2006) bahwa tujuan dari manajemen risiko kekeringan adalah untuk meningkatkan kemampuan masyarakat untuk bangkit kembali, mendorong ke arah ketahanan yang lebih besar, dan mengurangi kebutuhan akan campur tangan pemerintah. Monitoring dan peringatan dini adalah komponen-komponen dari manajemen risiko. Untuk itu, penilaian risiko merupakan hal yang sangat penting.

2.2 Curah Hujan

Curah hujan merupakan ketinggian air yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Umumnya, curah hujan dinyatakan dalam satuan millimeter. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2015), curah hujan satu bulan adalah jumlah curah hujan yang terkumpul selama 28 atau 29 hari untuk bulan Februari dan 30 atau 31 untuk bulan-bulan lainnya. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika menyatakan bahwa jika curah hujan kurang dari 50 mm/10 hari, maka dikatakan musim kering dan jika curah hujan lebih dari atau sama dengan 50 mm/10 hari, maka dikatakan sudah memasuki periode musim hujan (Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor, 2013). Kriteria hujan dalam sehari ditunjukkan oleh Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kriteria Intensitas Curah Hujan di Indonesia

Kategori	Keterangan
Ringan	1-5 mm/jam atau 5-20 mm/hari
Sedang	5-10 mm/jam atau 20-50 mm/hari
Lebat	10-20 mm/jam atau 50-100 mm/hari
Sangat Lebat	>20 mm/jam atau >100 mm/hari

(Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2012)

Letak geografis mengakibatkan Indonesia rentan terhadap terjadinya perubahan iklim. Salah satu faktor penyebab perubahan iklim adalah curah hujan. Curah hujan memiliki pola curah hujan dengan karakteristik yang berbeda-beda. Berdasarkan rata-rata

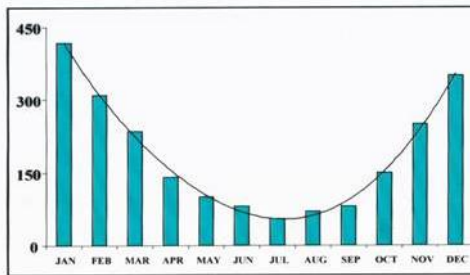
curah hujannya, Indonesia terdiri atas tiga jenis pola hujan (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2012), yakni:

1. Pola Hujan Monsun

Pola hujan ini wilayahnya memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau kemudian dikelompokkan dalam Zona Musim (ZOM) serta memiliki bentuk hujan yang unimodal (satu puncak musim hujan). Dalam kurun waktu enam bulan curah hujan relatif tinggi dan enam bulan berikutnya curah hujan relatif rendah. Pola musim hujan terjadi pada bulan Oktober sampai Maret dan musim kemarau terjadi pada bulan April hingga September. Zona Musim (ZOM) terbagi menjadi 4, yaitu:

- Bulan Desember, Januari, dan Februari (DJF) terjadi musim hujan.
- Bulan Maret, April, dan Mei (MAM) pada bulan tersebut terjadi transisi dari musim hujan menuju musim kemarau.
- Bulan Juni, Juli, dan Agustus (JJA) adalah musim kemarau.
- Bulan September, Oktober, dan November (SON) terjadi transisi dari musim kemarau ke musim hujan.

Pola hujan monsun dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



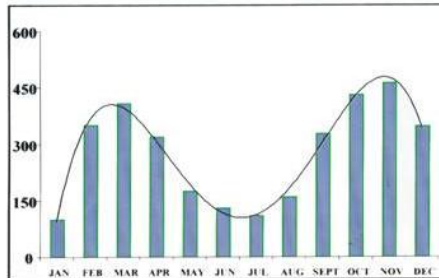
Gambar 2.2 Pola Curah Hujan Monsun

(Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2012)

2. Pola Hujan Equitorial

Pola hujan yang memiliki bentuk yang bimodal (dua puncak musim hujan) dan hampir sepanjang tahun masuk dalam kriteria musim hujan. Pola hujan ini terjadi saat matahari berada di dekat

ekuator. Waktu terjadinya dari bulan Maret sampai Oktober dan berikut merupakan contoh pola equatorial sebagaimana disajikan pada Gambar 2.3.

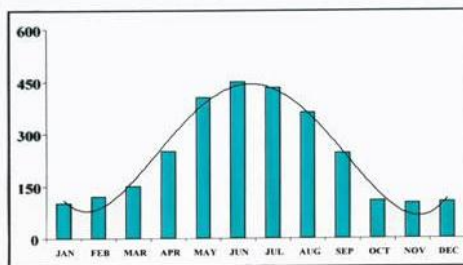


Gambar 2.3 Pola Hujan Equitorial

(Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2012)

3. Pola Hujan Lokal

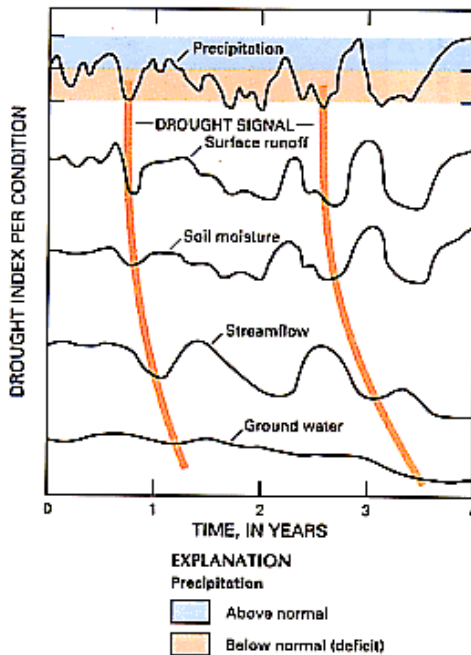
Pola hujan ini memiliki bentuk seperti pola hujan monsun, namun bentuknya berkebalikan dengan pola hujan monsun. Wilayahnya memiliki distribusi hujan bulanan berkebalikan dengan pola hujan monsun. Pola hujan equitorial ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Pola Hujan Lokal

(Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2012)

Changnon (1987) menggambarkan definisi kekeringan terkait dengan komponen tertentu dari siklus hidrologi dan bagaimana defisit curah hujan terkait dengan kekeringan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hubungan Defisit Curah Hujan dan Kekeringan
(Sumber: Modifikasi oleh Changnon, 1987)

Gambar 2.5 menunjukkan efek dari dua defisit curah hujan yang disebarkan dari waktu ke waktu melalui permukaan, kelembaban tanah, debit sungai, dan komponen air tanah dari siklus hidrologi. Berdasarkan perspektif tersebut, curah hujan dapat dipertimbangkan sebagai pembawa sinyal kekeringan, dan tingkat debit sungai serta air tanah sebagai indikator terjadinya kekeringan.

2.3 *Preprocessing Data*

Preprocessing data adalah tahapan awal dalam mengolah data input sebelum memasuki proses tahapan utama dari analisis data. *Preprocessing* data dilakukan pada *missing value*. *Missing value* merupakan informasi yang tidak tersedia untuk sebuah objek (kasus). *Missing value* terjadi karena informasi untuk

sesuatu yang berkaitan dengan objek tidak diberikan, sulit dicari, atau memang informasi tersebut tidak ada. *Missing value* membatasi analisa data serta keputusan dari inferensia statistik yang dilakukan, oleh karena itu imputasi (pendugaan terhadap nilai *missing value*) penting dilakukan untuk mempertahankan informasi dan memberikan hasil yang lebih baik dalam analisa (Fogarty, 2006). Imputasi untuk data curah hujan dilakukan dengan menggunakan nilai regresi dari stasiun terdekat, serta dengan nilai rata-rata dari data harian curah hujan pada tanggal terjadinya *missing value* tersebut.

2.4 *Standardized Precipitation Index (SPI)*

Perhitungan indeks kekeringan dengan menggunakan metode SPI untuk pertama kali dikembangkan oleh McKee pada tahun 1993. Keuntungan utama dari SPI adalah dapat dihitung untuk berbagai skala waktu yang dapat diaplikasikan untuk sumber daya air pada semua pengukuran. Keuntungan lain adalah bahwa SPI didapatkan dari pendekatan probabilitas sehingga dapat digunakan untuk analisis frekuensi kekeringan dan peramalan (Gebrehiwot, Veen & Maathius, 2011). SPI hanya berdasarkan atas data curah hujan, tidak seperti *Palmer Drought Severity Index* (PDSI) yang membutuhkan input (indeks) lebih banyak yakni kelembaban tanah atau evapotranspirasi (Guttman, 1999).

Secara matematis, SPI berdasarkan probabilitas kumulatif kejadian curah hujan yang tercatat di stasiun berdistribusi gamma. Langkah untuk mendapatkan nilai SPI adalah:

1. Mengagregatkan data curah hujan harian menjadi data curah hujan bulanan. Kemudian mencocokkan agregat curah hujan 1 bulanan ($n = 204$ bulan) dengan *cumulative probability distribution function* (PDF) (distribusi Gamma). PDF distribusi Gamma ($g(x)$) didefinisikan sebagai berikut.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (2.1)$$

Dimana:

α = parameter bentuk ($\alpha > 0$)

β = parameter skala ($\beta > 0$)

x = jumlah curah hujan bulanan ($x > 0$)

$\Gamma(\alpha)$ = fungsi Gamma pada α

Kedua parameter (α dan β) dapat diestimasi dengan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) sebagai berikut.

a) Membuat fungsi *likelihood* distribusi Gamma, yaitu:

$$L(\alpha, \beta) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x_i^{\alpha-1} e^{-x_i/\beta} \quad (2.2)$$

b) Membuat fungsi tersebut dalam bentuk \ln .

$$\ln L(\alpha, \beta) = -n\alpha \ln \beta - n \ln \Gamma(\alpha) + (\alpha - 1) \sum_{i=1}^n \ln x_i - \frac{1}{\beta} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.3)$$

c) Membuat turunan secara parsial terhadap parameter α dan β dan menyamakannya dengan nol.

Turunan terhadap α :

$$\frac{d}{d\alpha} \ln L(\alpha, \beta) = -n \ln \beta - n \frac{\Gamma'(\alpha)}{\Gamma(\alpha)} - \sum_{i=1}^n \ln x_i = 0 \quad (2.4)$$

Turunan terhadap β :

$$\frac{d}{d\beta} \ln L(\alpha, \beta) = -\frac{n\alpha}{\beta} + \frac{1}{\beta^2} \sum_{i=1}^n x_i = 0 \quad (2.5)$$

d) Dari turunan parsial terhadap β bisa diperoleh nilai β sebagai berikut.

$$\hat{\beta} = \frac{1}{n\alpha} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (2.6)$$

e) Hasil dari β disubsitusikan ke dalam persamaan turunan parsial terhadap α . Hasilnya adalah sebagai berikut.

$$-n \ln \frac{\bar{x}}{\alpha} - n \frac{\Gamma'(\alpha)}{\Gamma(\alpha)} - \sum_{i=1}^n \ln x_i = 0 \quad (2.7)$$

dengan n = banyaknya observasi curah hujan bulanan, yakni 204 bulan dan \bar{x} ialah *mean* dari data sampel.

Persamaan di atas tidak berbentuk *closed form*. Penyelesaiannya dapat dilakukan secara numerik, misalnya dengan metode Newton-Raphson.

Estimasi parameter dapat digunakan untuk mendapatkan *cumulative PDF* dari kejadian curah hujan pada bulan dan waktu yang diinginkan. *Cumulative Distribution Function* (CDF) yakni $G(x)$ merupakan integral dari persamaan (2.1).

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \int_0^x \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx \quad (2.8)$$

2. Mentransformasi CDF distribusi Gamma menjadi CDF distribusi Normal Standar.

Fungsi Gamma tidak terdefinisi untuk $x = 0$, padahal data curah hujan bulanan kemungkinan terdiri dari nol, maka peluang kumulatifnya menjadi:

$$H(x) = q + (1-q)G(x) \quad (2.9)$$

dengan q adalah peluang banyaknya curah hujan nol. Kemudian peluang kumulatif $H(x)$ ditransformasi ke dalam nilai Z yang mempunyai sebaran Normal Standar dengan nilai rata-rata 0 dan variansi 1.

Nilai Z tersebut merupakan nilai SPI dengan perhitungan sebagai berikut.

Untuk $0 < H(x) \leq 0,5$ maka:

$$SPI = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \quad t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(H(x))^2} \right)} \quad (2.10)$$

sedangkan untuk $0,5 < H(x) < 1$ yakni:

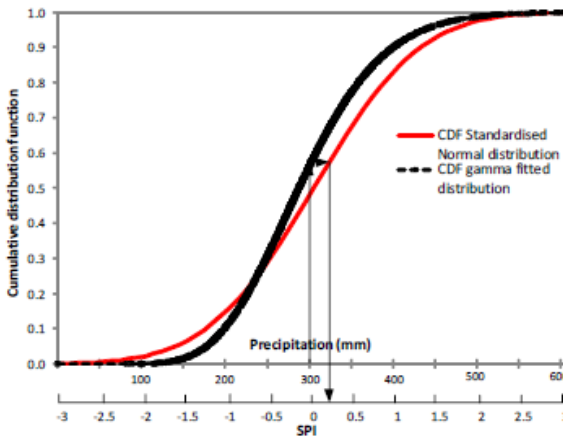
$$SPI = \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \quad t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{1 - (H(x))^2} \right)}$$

dengan:

$c_0 = 2,515517$; $c_1 = 0,802853$; $c_2 = 0,010328$; $d_1 = 1,432788$;

$d_2 = 0,189269$; dan $d_3 = 0,001308$

Jika nilai SPI positif, maka SPI mengindikasikan curah hujan berada di atas rata-rata, sedangkan jika SPI bernilai negatif maka curah hujan berada di bawah rata-rata. Berikut ini ditampilkan contoh *equiprobability transformation* dari distribusi Gamma menjadi distribusi Normal Standar.



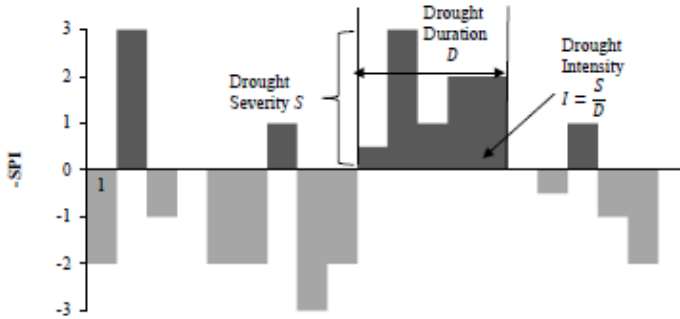
Gambar 2.6 Contoh *Equiprobability Transformation*
(Sumber: Rahmat, 2014)

Kategori kekeringan berdasarkan nilai SPI menurut McKee, *et al* (1993) disajikan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Kategori Kekeringan Berdasarkan Nilai SPI

Nilai SPI	Kategori Kekeringan	Kumulatif Probabilitas Distribusi Normal
$-0,99 \leq \text{SPI} \leq 0$	<i>Near normal</i>	0,500
$-1,49 \leq \text{SPI} \leq -1$	<i>Moderate drought</i>	0,158
$-1,99 \leq \text{SPI} \leq -1,5$	<i>Severe drought</i>	0,066
$\text{SPI} \leq -2$	<i>Extreme drought</i>	0,022

Berdasarkan kategori tersebut, karakteristik kekeringan menggunakan SPI dapat digambarkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Penggambaran Karakteristik Kekeringan Berdasarkan SPI
(Sumber: Chen, Shao & Tiong, 2015)

Berdasarkan Gambar 2.7, *drought duration*/durasi (D) didefinisikan sebagai waktu antara awal dan akhir kekeringan (nilai SPI negatif). Kemudian *drought severity* / *magnitude* / keparahan (S) adalah nilai kumulatif SPI dalam durasi kekeringan. *Drought severity/magnitude* dirumuskan dengan:

$$S = - \left(\sum_{i=1}^n SPI_{ij} \right) \quad (2.11)$$

dimana n adalah jumlah bulan dengan kejadian kekeringan pada skala waktu j . Sedangkan intensitas adalah rasio antara *severity* dan durasi kejadian. Nilai intensitas diukur dikarenakan besarnya *severity/magnitude* tidak serta merta mencerminkan wilayah yang satu lebih kering dari wilayah lainnya. Hal ini disebabkan banyak kekeringan yang terjadi pada periode yang singkat, namun mempunyai intensitas kekuatan/ keparahan kekeringan yang besar atau sebaliknya.

Selain durasi, *magnitude*, dan intensitas dilakukan perhitungan frekuensi relatif, yakni proporsi banyaknya kekeringan yang terjadi (total nilai durasi dibagi jumlah keseluruhan bulan) selama periode yang dianalisis (Saravi, Safdari & Malekian, 2009). Frekuensi relatif dirumuskan sebagai berikut:

$$FR = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (2.12)$$

dengan n adalah jumlah bulan yang mengalami kekeringan, sedangkan N adalah total semua bulan.

2.5 Joint Probability Density Function (PDF) dan Estimasinya

Kekeringan adalah kejadian multivariat yang dimensinya bergantung pada karakteristik kejadian, seperti lama kejadian atau *duration* (D), keparahan atau *severity* (S), dan frekuensi (F) (Gonzalez & Valdes, 2004). Kejadian kekeringan yang memiliki lama kejadian atau *duration* yang sama tidak selalu memiliki intensitas yang sama, begitupun sebaliknya (Frick, Bode & Salas, 1990). Oleh karena itu, terdapat beberapa penelitian terkait *Joint Probability Density Function* (*Joint PDF*) untuk menentukan karakteristik probabilistik untuk parameter kekeringan (Kim, Valdes & Yoo, 2003). Salah satu analisis yang dapat digunakan untuk karakteristik kekeringan tersebut yakni dengan *Gaussian Kernel Density Estimation* (GKDE).

Kernel Density Estimation pertama kali diperkenalkan oleh Rosenblatt (1956). Fungsi kepadatan bivariat $f_{s,d}$ adalah.

$$f_{s,d(s,d)} = \frac{1}{nh_s h_d} \sum_{i=1}^n \left\{ K \left(\frac{s - s_i}{h_s} \right) K \left(\frac{d - d_i}{h_d} \right) \right\} \quad (2.13)$$

dimana n adalah banyaknya observasi; s_i dan d_i adalah nilai keparahan kekeringan dan lamanya kejadian kekeringan; K adalah fungsi kernel dengan $K = (2\pi)^{-1/2} e^{-(r^2)/2}$; serta h_s dan h_d adalah *bandwidth* untuk nilai keparahan kekeringan dan lamanya kejadian kekeringan. *Bandwidth* adalah pengontrol keseimbangan antara kemulusan fungsi dan kesesuaian terhadap data. Jika nilai *bandwidth* terlalu kecil, maka kurva estimasi kurang *smooth* sehingga estimasi menuju data. Sedangkan jika nilai *bandwidth* terlalu besar, maka kurva estimasi sangat *smooth* sehingga nilai akan menuju ke rata-rata dari variabel respon. Untuk estimasi optimal *bandwidth* yakni:

$$h_{d,opt} = \left[\frac{4}{n(p+2)} \right]^{1/(p+4)} \sigma_d \quad (2.14)$$

dimana $h_{d,opt}$ adalah optimal *bandwidth*; σ_d ialah standar deviasi; dan p adalah banyaknya dimensi; $p = 1$ untuk estimator kernel univariat sedangkan $p = 2$ untuk estimator kernel bivariat.

Joint PDF antara durasi dan *severity/magnitude* kekeringan memperlihatkan hubungan atau korelasi antara kedua nilai tersebut. Tujuan dari *joint PDF* yakni melihat apakah terdapat *tail* atau tidak yang menunjukkan level kekeringan.

2.6 Return Period

Menurut Haan (2002), *return period* atau periode ulang adalah rerata selang waktu terjadinya suatu kejadian dengan suatu besaran tertentu atau lebih besar. Pada penelitian ini *return period* dirancang untuk waktu 5, 25, dan 50 tahun. *Return period* dibangun dengan menentukan jenis sebaran yang cocok dengan data yang digunakan. Pemilihan sebaran tersebut dilakukan dengan *Chi-square* (χ^2) *test* pada taraf uji 5%. Uji χ^2 untuk mengukur perbedaan relatif antara frekuensi hasil pengamatan dengan frekuensi yang diharapkan dari sebuah distribusi teoritis, jika sampel berasal dari distribusi teoritis yang diujikan. Hipotesis yang digunakan sebagai berikut:

H_0 : data mengikuti sebaran (distribusi) teoritis yang diuji

H_1 : data tidak mengikuti sebaran (distribusi) teoritis yang diuji

Adapun proses perhitungan untuk uji χ^2 dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Menghitung jumlah kelas (K):

$$K = 1 + 3.322 \log n \quad (2.15)$$

dengan K adalah jumlah kelas dan n adalah jumlah data.

2. Menghitung derajat bebas (DK):

$$DK = K - (P + 1) \quad (2.16)$$

dimana DK ialah derajat bebas, K ialah jumlah kelas, dan P adalah jumlah parameter ($P = 1$).

3. Mendapatkan nilai χ^2 tabel berdasarkan derajat bebas (DK) dan taraf signifikansi (5%).
4. Menghitung frekuensi yang diharapkan (E_i):

$$E_i = \frac{n}{K} \quad (2.17)$$

dengan E_i adalah frekuensi yang diharapkan, n adalah jumlah data, dan K adalah jumlah kelas.

5. Menghitung χ^2 yaitu besarnya perbedaan antara frekuensi hasil pengamatan dengan frekuensi yang diharapkan dari distribusi teoritis dinyatakan yang ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.18)$$

Dimana: K = jumlah kelas; E_i = frekuensi yang diharapkan; sedangkan O_i = frekuensi hasil pengamatan.

6. Membandingkan χ^2 tabel dengan χ^2 hasil perhitungan. Jika χ^2 hasil perhitungan lebih kecil daripada χ^2 tabel maka gagal tolak H_0 yang berarti data mengikuti sebaran (distribusi) teoritis yang diuji.

Kemudian rumus untuk mendapatkan *return period* (T) adalah sebagai berikut:

$$E(\tau) = T = \frac{1}{p} \quad (2.19)$$

dimana p adalah probabilitas kejadian ekstrem. Sedangkan untuk menghitung nilai estimasi dari durasi maupun *magnitude*, didapatkan berdasarkan jenis distribusi frekuensi. Jenis distribusi frekuensi yang banyak digunakan yakni distribusi Gamma, distribusi Log-Normal 3 Parameter, dan distribusi Log-Pearson Type III.

Distribusi Gamma dengan fungsi distribusi ditunjukkan pada persamaan (2.1) dapat diaplikasikan untuk menghitung nilai

durasi/*magnitude* pada periode ulang T tahun dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Mendapatkan nilai α dari persamaan (2.7) dan β dari persamaan (2.6).
2. Menghitung koefisien kemencengan (CS):

$$CS = \frac{\alpha}{|\alpha|} \frac{2}{\sqrt{\beta}} \quad (2.20)$$

3. Menghitung faktor frekuensi distribusi Gamma (k_T):

$$k_T = \frac{2}{CS} \left[\left(\frac{CS}{6} \left(u - \frac{CS}{6} \right) + 1 \right)^3 - 1 \right] \quad (2.21)$$

dimana:

$$u = W - \frac{c_0 + c_1 W + c_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3}$$

$$W = \begin{cases} \sqrt{-2 \log \left(\frac{1}{T} \right)}, & \text{jika } \frac{1}{T} < 0.5 \\ \sqrt{-2 \log \left(1 - \frac{1}{T} \right)}, & \text{jika } \frac{1}{T} \geq 0.5 \end{cases}$$

$$c_0 = 2,515517; c_1 = 0,802853; c_2 = 0,010328;$$

$$d_1 = 1,432788; d_2 = 0,189269; \text{ dan } d_3 = 0,001308$$

4. Menghitung durasi/*magnitude* pada periode ulang T tahun.

$$X_T = \alpha \beta + k_T \sqrt{\alpha^2 \beta} \quad (2.22)$$

Dimana:

X_T = durasi/*magnitude* pada periode ulang T tahun

α = parameter bentuk

β = parameter skala

k_T = faktor frekuensi distribusi Gamma

Kemudian distribusi Log-Normal 3 Parameter yakni sama dengan distribusi Log-Normal 2 Parameter, tetapi ditambahkan

parameter batas bawah β tidak sama dengan nol. Persamaan distribusinya adalah.

$$P(X) = \frac{1}{\ln(X - \beta)\sqrt{2\pi}} e^{\left\{ \frac{\ln(X - \beta) - \mu n}{\sigma n} \right\}^2} \quad (2.23)$$

Dimana:

$P(X)$: peluang terjadinya X

X : variabel random kontinyu

β : parameter batas bawah

μn : rata-rata dari variat $\ln(X - \beta)$

σn : standar deviasi dari variat $\ln(X - \beta)$

Selanjutnya, parameter distribusi Log-Normal 3 Parameter adalah sebagai berikut.

1. Koefisien variasi (CV):

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (2.24)$$

2. Nilai β :

$$\beta = \mu - \frac{\sigma}{CV} \quad (2.25)$$

3. Koefisien kemencengan (CS):

$$CS = 3CV + CV^3 \quad (2.26)$$

dengan μ adalah nilai rata-rata dari variat $\ln(X - \beta)$ dan σ adalah deviasi standar dari $\ln(X - \beta)$. Sedangkan aplikasi distribusi Log-Normal 3 Parameter untuk menghitung periode ulang T tahun mempunyai persamaan:

$$X_T = \bar{X} + k_T s \quad (2.27)$$

dengan: $X_T = \ln(X - \beta)$ pada periode ulang T tahun

k_T = karakteristik dari distribusi Log-Normal 3

Parameter yang merupakan fungsi dari koefisien kemencengan

\bar{X} = rata-rata kejadian $\ln(X - \beta)$

s = standar deviasi dari kejadian $\ln(X - \beta)$

Distribusi selanjutnya adalah distribusi Log-Pearson Type III dengan persamaan distribusi sebagai berikut.

$$P(X) = \frac{1}{a\Gamma(b)} \left[\frac{X - C}{a} \right]^{b-1} e^{\left(\frac{X-C}{a} \right)} \quad (2.28)$$

Dimana $P(X)$ adalah peluang dari variat X ; X adalah variabel random kontinyu; a , b , C adalah parameter; dan Γ adalah fungsi gamma. Prosedur untuk mendapatkan durasi/*magnitude* pada periode ulang T tahun adalah.

1. Menghitung logaritma dari semua nilai variat X .
2. Menghitung nilai rata-ratanya:

$$\overline{\log(X)} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X)}{n} \quad (2.29)$$

dengan n adalah jumlah data.

3. Menghitung standar deviasi dari logaritma X :

$$s \log(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log(X) - \overline{\log(X)})^2}{n-1}} \quad (2.30)$$

4. Menghitung nilai kemencengan (CS):

$$CS = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(X) - \overline{\log(X)})^3}{(n-1)(n-2)(s \log(X))^3} \quad (2.31)$$

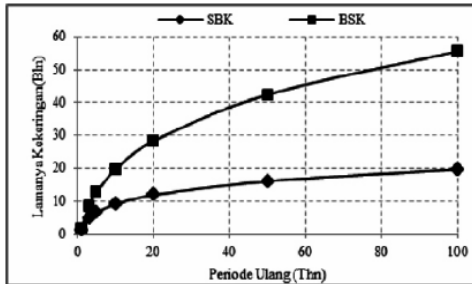
5. Mendapatkan persamaan durasi/*magnitude* untuk periode ulang T tahun:

$$\log(X_T) = \overline{\log(X)} + k_T (s \log(X)) \quad (2.32)$$

dimana nilai k_T adalah faktor frekuensi berdasarkan nilai koefisien kemencengan (CS).

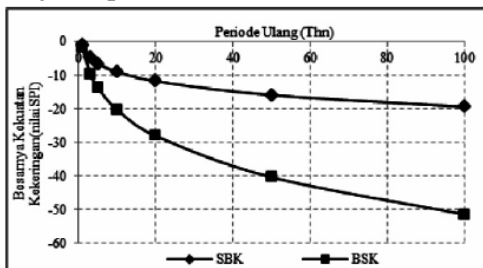
Salah satu aplikasi yang dapat digunakan untuk menghitung periode ulang adalah *Hydrology Frequency Analysis* (HYFA). Aplikasi ini pernah digunakan oleh Mahdavi, Osati, Sadeghi,

Karimi & Mobariki (2010) untuk menentukan model sebaran yang cocok dalam merancang periode ulang curah hujan tahunan di Iran. Kemudian berdasarkan nilai *return period* tersebut dibuat grafik yang disebut *Time Scale-Duration-Frequency* (TDF) dan *Time Scale Magnitude-Frequency* (TMF). Contoh grafik TDF disajikan pada Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Grafik TDF untuk Pos Hujan SBK dan BSK pada Periode Ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun
(Sumber: Muharsyah & Ratri, 2015)

Gambar 2.8 menunjukkan bahwa pada *return period* (periode ulang) yang sama, lamanya kekeringan dan besarnya kekuatan kekeringan yang terjadi antara pos hujan SBK dan BSK sangat berbeda. Sebagai contoh, untuk periode ulang 5 tahun, di SBK akan terjadi kekeringan selama 7 bulan, sedangkan di BSK akan terjadi kekeringan selama 13 bulan. Selanjutnya adalah grafik TMF yang disajikan pada Gambar 2.9.

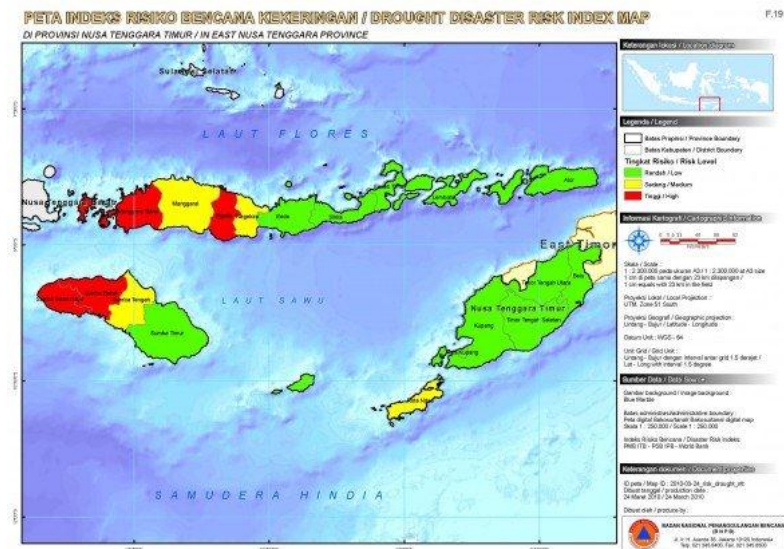


Gambar 2.9 Grafik TMF untuk Pos Hujan SBK dan BSK pada Periode Ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun
(Sumber: Muharsyah & Ratri, 2015)

Untuk besarnya kekuatan kekeringan seperti pada Gambar 2.9 terlihat bahwa pada periode ulang 5 tahunan, besar kekuatan kekeringan yang dirancang dapat terjadi di SBK adalah -6.43, sedangkan di BSK sebesar -13.66.

2.7 Peta Risiko Kekeringan

Peta risiko kekeringan merepresentasikan informasi kekeringan secara umum dan juga untuk memprediksi terjadinya bencana kekeringan suatu wilayah (Hohl, 2010). Selain itu, peta risiko kekeringan juga dapat berguna bagi manajemen (BMKG) dalam pengembangan strategi dan perbaikan proses manajemen risiko secara terus-menerus dan berkesinambungan. Berikut ini merupakan contoh peta risiko kekeringan Nusa Tenggara Timur tahun 2010.



Gambar 2.10 Peta Risiko Kekeringan Nusa Tenggara Timur 2010
(Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2010)

Sebagaimana disajikan pada Gambar 2.10, untuk tiap-tiap kabupaten di Nusa Tenggara Timur memiliki tingkat risiko kekeringan yang berbeda-beda. Tingkat risiko dapat terlihat

berdasarkan warnanya, yakni warna hijau untuk daerah yang tingkat risiko kekeringannya rendah, sedangkan jika warnanya menuju warna merah maka tingkat risiko kekeringan tinggi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data curah hujan harian di Nusa Tenggara Timur selama periode 1999-2015 yang diperoleh dari website dataonline.bmkg.go.id.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan harian untuk wilayah Nusa Tenggara Timur pada tahun 1999-2015. Struktur data untuk variabel curah hujan ditunjukkan oleh Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Struktur Data Variabel Curah Hujan

Tanggal	Nama Stasiun			
	Komodo	Frans	...	Tardamu
01-10-1999	0,0	20,3	...	0,0
02-10-1999	0,0	15,6	...	0,0
...
31-12-2015	0,3	0,0	...	8,1

Data curah hujan harian selama periode 17 tahun (1999-2015) di Nusa Tenggara Timur dapat dilihat selengkapnya pada Lampiran 1.

3.3 Langkah Penelitian

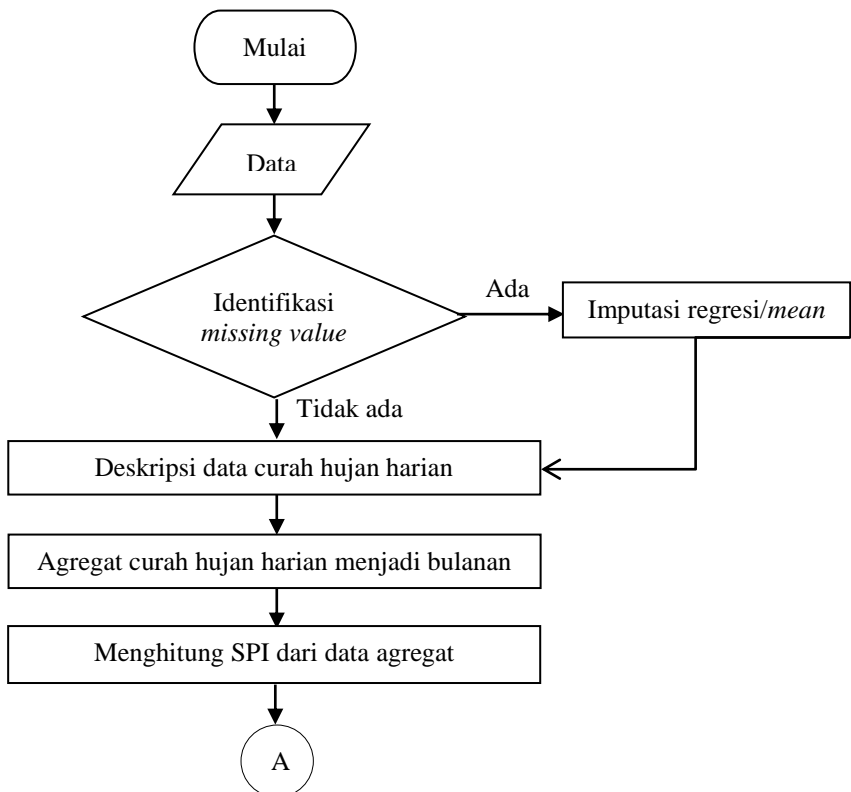
Langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan *pre-processing* data curah hujan harian yakni dengan mendeteksi *missing value*. Apabila terdapat *missing value* maka diatasi dengan melakukan imputasi data menggunakan regresi stasiun terdekat atau nilai *mean* dari data curah hujan harian pada tanggal yang sama terjadinya *missing value*.

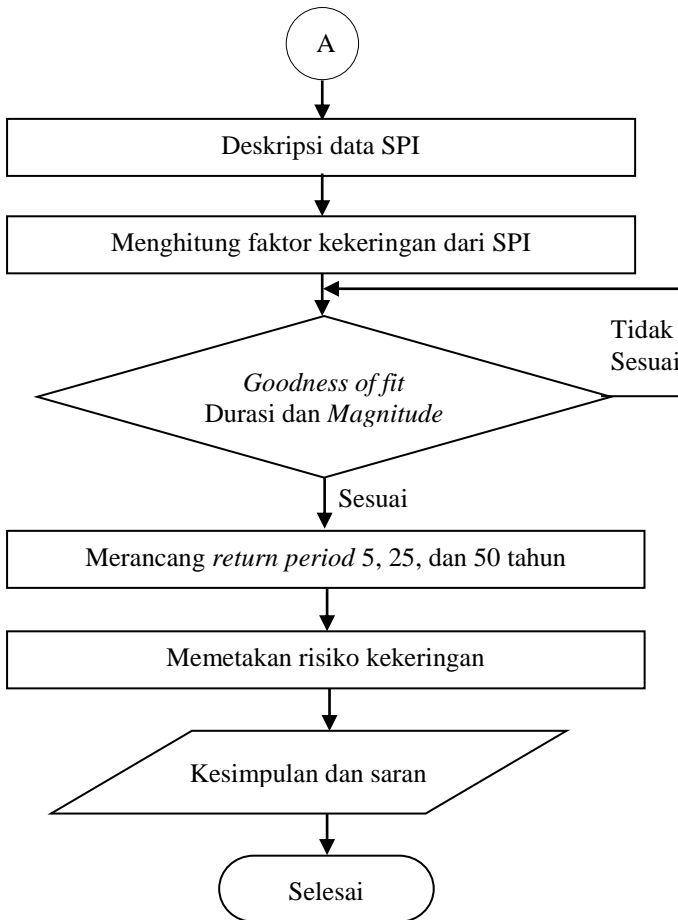
2. Mendeskripsikan data curah hujan harian dengan statistika deskriptif dan membuat diagram batang untuk mengetahui pola sebaran curah hujan.
3. Mengagregatkan data curah hujan harian menjadi data curah hujan bulanan. Kemudian mengkonversi data curah hujan bulanan menjadi nilai SPI sehingga didapatkan 204 nilai SPI pada masing-masing stasiun pengamatan. Lalu dilakukan analisis statistika deskriptif untuk mengetahui karakteristik SPI untuk masing-masing stasiun pengamatan.
4. Menghitung faktor kekeringan yang terdiri atas durasi, *magnitude* (kekuatan), dan intensitas kekeringan, serta frekuensi relatif kejadian kekeringan dari data SPI.
 - (i) Durasi (D) didefinisikan sebagai waktu antara awal (nilai SPI negatif) dan akhir kekeringan (nilai SPI positif).
 - (ii) *Magnitude* (kekuatan) yang merupakan nilai kumulatif SPI untuk semua bulan pada saat periode kekeringan terjadi.
 - (iii) Intensitas adalah rasio dari *magnitude* terhadap durasi.
 - (iv) Frekuensi relatif ialah proporsi banyaknya kekeringan yang terjadi (total nilai durasi dibagi jumlah keseluruhan bulan) selama periode yang dianalisis.
5. Merancang *return period* kejadian kekeringan di Nusa Tenggara Timur dengan langkah-langkah sebagai berikut.
 - (i) Membuat *joint PDF* antara nilai durasi dan *magnitude* (kekuatan) untuk masing-masing stasiun pengamatan.
 - (ii) Menentukan jenis sebaran yang cocok pada data durasi dan *magnitude* dengan menggunakan *Chi-square test* pada taraf uji 5%. Kemudian *return period* dirancang untuk 5, 25, dan 50 tahun dan mendapatkan durasi dan *magnitude* untuk masing-masing *return period*.
 - (iii) Membuat grafik *Time Scale-Duration-Frequency* (TDF) dan *Time Scale Magnitude-Frequency* (TMF) kekeringan untuk mengetahui karakteristik kekeringan di Nusa Tenggara Timur.

6. Membuat pemetaan risiko durasi dan *magnitude* kekeringan di Nusa Tenggara Timur berdasarkan *return period* dan menganalisis kabupaten di Nusa Tenggara Timur yang akan mengalami kekeringan pada saat *return period*.
7. Mendapatkan kesimpulan dan saran.

Langkah-langkah analisis tersebut dapat digambarkan dalam *flowchart* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian (Lanjutan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Preprocessing* Data Curah Hujan

Data curah hujan didapat dari yang dipublikasikan secara online di website <http://www.dataonline.bmkg.go.id>. Setelah data curah hujan didapatkan dari website BMKG, perlu dilakukan imputasi data dikarenakan ada data *missing* dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 4.1 Jumlah Data *Missing* pada Masing-Masing Stasiun

No.	Stasiun	<i>Missing</i>	Total Data	% <i>Missing</i>
1	Stasiun Meteorologi Komodo	174	6209	2,80
2	Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega	800	6209	12,88
3	Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda	1818	6209	29,28
4	Stasiun Meteorologi Gewayantana	445	6209	7,17
5	Stasiun Meteorologi Mali	842	6209	13,56
6	Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda	540	6209	8,70
7	Stasiun Klimatologi Lasiana	1732	6209	27,89
8	Stasiun Meteorologi Eltari	1048	6209	16,88
9	Stasiun Meteorologi Tardamu	630	6209	10,15

Total data untuk masing-masing stasiun adalah 6209 data, yakni data harian selama 17 tahun dari tahun 1999 sampai 2015. Data *missing* paling banyak terdapat pada Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda yakni hampir 30% data *missing*, sedangkan Stasiun Meteorologi Komodo merupakan stasiun yang paling sedikit jumlah data *missing*nya sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.1.

Imputasi pada data *missing* dilakukan dengan menggunakan imputasi regresi antara stasiun dengan stasiun terdekatnya. Berikut ini gambar dari persebaran 9 stasiun yang ada di Nusa Tenggara Timur.



Gambar 4.1 Persebaran Stasiun Meteorologi/Klimatologi di NTT

Stasiun Meteorologi/Klimatologi di NTT tersebar di beberapa titik wilayah sebagaimana disajikan pada Gambar 4.1. Stasiun Meteorologi Eltari dengan Stasiun Meteorologi Tardamu adalah yang paling berdekatan jaraknya. Stasiun Meteorologi Komodo paling dekat dengan Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega, dan persebaran stasiun lainnya terlihat pada Gambar 4.1.

Kedekatan stasiun pengamatan sebagaimana disajikan Gambar 4.1 digunakan untuk imputasi regresi pada data *missing*. Sebagai contoh, terdapat data *missing* di Stasiun Meteorologi Tardamu pada tanggal 10 Januari 1999. Imputasi dapat dilakukan dengan regresi stasiun terdekat dari Stasiun Meteorologi Tardamu. Diketahui bahwa Stasiun Meteorologi Tardamu memiliki tiga stasiun yang cukup dekat, yaitu Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda, Stasiun Klimatologi Lasiana, dan Stasiun Meteorologi Eltari. Untuk mendapatkan nilai imputasi stasiun mana yang digunakan, maka dilakukan regresi antara Stasiun Meteorologi Tardamu dengan stasiun terdekatnya. Berikut ini disajikan data yang digunakan untuk regresi.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian di Stasiun Meteorologi Umbu, Lasiana, Eltari dan Tardamu pada Tanggal 1-9 Januari 1999

Tanggal	Umbu	Lasiana	Eltari	Tardamu
01/01/1999	16,5	0,8	0,0	0,0
02/01/1999	0,0	0,0	0,0	0,0
03/01/1999	0,0	0,0	2,0	0,0
04/01/1999	0,0	2,2	1,0	13,6
05/01/1999	0,2	3,0	0,0	5,2
06/01/1999	9,5	0,0	14,0	0,9
07/01/1999	33,0	6,5	3,0	7,9
08/01/1999	0,0	8,0	34,0	44,1
09/01/1999	0,6	27,4	15,0	3,4
10/01/1999	0,0	14,5	0,0	*

Data yang digunakan untuk regresi imputasi adalah data curah hujan harian sebelum terjadi data *missing* yaitu tanggal 1-9 Januari 1999 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.2. Data curah hujan harian Stasiun Meteorologi Tardamu sebagai respon (y) dan prediktornya (x) adalah curah hujan harian stasiun terdekat sehingga terdapat tiga persamaan regresi. Kemudian memilih nilai R^2 paling tinggi yang dihasilkan dari ketiga regresi sehingga didapatkan nilai imputasi yang paling baik untuk data *missing*.

Setelah dilakukan regresi, diketahui bahwa hanya regresi antara Stasiun Meteorologi Tardamu dan Stasiun Meteorologi Eltari yang memberikan hasil berpengaruh signifikan. Sedangkan regresi dengan dua stasiun lainnya tidak signifikan berpengaruh. Nilai R^2 yang dihasilkan dari regresi antara Stasiun Meteorologi Tardamu dan Stasiun Meteorologi Eltari sudah cukup tinggi yakni sebesar 61,6%. Oleh karena itu, imputasi data *missing* pada Stasiun Meteorologi Tardamu dapat dilakukan dengan persamaan regresi:

$$y = 0,948 + 0,9647x$$

Selanjutnya adalah menghitung nilai imputasi untuk tanggal 10 Januari 1999, yakni dengan mensubstitusi $x = 0$ (nilai curah hujan Stasiun Meteorologi Eltari pada tanggal 10 Januari 1999)

pada persamaan regresi yang telah didapatkan. Diperoleh hasil nilai y (curah hujan harian Stasiun Meteorologi Tardamu tanggal 10 Januari 1999) sebesar 0,948 mm.

Imputasi regresi ini dilakukan untuk data-data *missing* lainnya. Sedangkan apabila pada tanggal yang sama terdapat data *missing* di dua stasiun yang berdekatan, maka tidak dilakukan imputasi regresi, tetapi dilakukan imputasi *mean*. Imputasi *mean* yakni dengan menghitung nilai rata-rata curah hujan harian pada tanggal yang *missing* di tahun-tahun sebelumnya. Sebagai contoh, terdapat data *missing* di Stasiun Meteorologi Tardamu pada tanggal 1-15 Januari 2013. Stasiun terdekatnya, yakni Stasiun Meteorologi Eltari juga terdapat data *missing* pada tanggal yang sama sehingga tidak dapat dilakukan imputasi regresi. Oleh karena itu, dilakukan imputasi *mean* dari data curah hujan harian pada masing-masing data *missing* di tahun-tahun sebelumnya.

4.2 Statistika Deskriptif Curah Hujan di Sembilan Stasiun Pengamatan

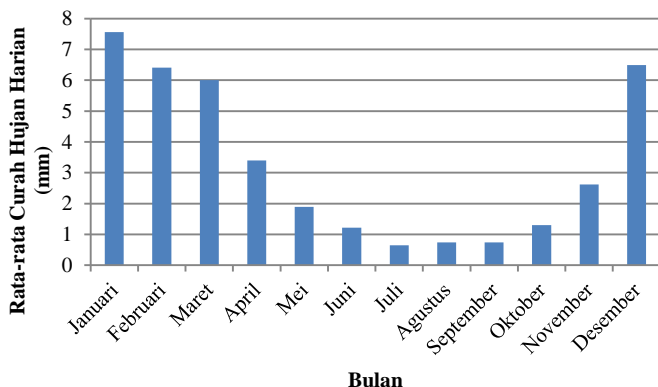
Statistika deskriptif curah hujan harian NTT periode tahunan untuk tahun 1999-2015 pada sembilan stasiun pengamatan dilakukan sebagai informasi awal untuk mengetahui karakteristik dan pola curah hujan di NTT. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan harian selama 17 tahun di sembilan stasiun pengamatan memiliki nilai yang hampir sama, kecuali Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega memiliki rata-rata curah hujan harian tertinggi, yakni sebesar 9,859 mm/hari. Untuk rata-rata curah hujan harian lainnya ditabelkan pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata, Standar Deviasi, dan Kisaran Tinggi Curah Hujan di Sembilan Stasiun Pengamatan Tahun 1999-2015

No.	Stasiun Pengamatan	Rata-rata (mm/hari)	Std Dev	Kisaran tinggi curah hujan (mm)
1	Komodo	3,24	9,36	0-212,5
2	Frans Sales Lega	9,86	17,38	0-218,7
3	Fransiskus Xaverius Seda	2,28	7,72	0-132,5
4	Gewayantana	3,03	10,56	0-180,5
5	Mali	2,57	9,63	0-248,0
6	Umbu Mehang Kunda	2,58	8,26	0-157,9
7	Lasiana	4,52	14,25	0-280,0
8	Eltari	4,92	13,54	0-195,0
9	Tardamu	3,30	10,88	0-239,3

Curah hujan di daerah Sikka dan sekitarnya (Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda) memiliki nilai standar deviasi yang paling kecil yaitu sebesar 7,72, hal tersebut menunjukkan bahwa keragaman curah hujan harian selama 17 tahun di daerah Sikka yang paling kecil. Sedangkan keragaman curah hujan terbesar yaitu 17,38 (Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega) sebagaimana disajikan pada Tabel 4.3. Curah hujan harian tertinggi terjadi di daerah Kupang (Stasiun Meteorologi Eltari) dengan curah hujan sebesar 280 mm.

Pola curah hujan di sembilan stasiun pengamatan dapat diidentifikasi dengan menggunakan diagram batang yang didapatkan dari nilai rata-rata per bulan curah hujan harian di masing-masing stasiun pengamatan pada tahun 1999 sampai 2015. Pola curah hujan harian periode bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Meteorologi Komodo

Gambar 4.2 merupakan pola curah hujan di Stasiun Meteorologi Komodo (Kabupaten Manggarai dan sekitarnya) yang terbentuk dari rata-rata curah hujan harian dari bulan Januari 1999 hingga bulan Desember 2015 membentuk pola monsun. Puncak musim hujan pada Stasiun Meteorologi Komodo terjadi pada bulan Januari dengan rata-rata curah hujan sebesar 7,56 mm/hari.

Pola hujan monsun memiliki 4 pengelompokkan zona musim, yaitu musim hujan, transisi musim hujan ke musim kemarau, musim kemarau, dan transisi musim kemarau ke musim hujan. Pada bulan Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober memiliki curah hujan yang rendah dibandingkan dengan bulan-bulan yang lain. Hal tersebut dikarenakan pada bulan Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober terjadi musim kemarau, sedangkan pada bulan November terjadi transisi musim kemarau ke musim hujan. Puncak kemarau terjadi pada bulan Juli dengan rata-rata curah hujan sebesar 0,65 mm/hari.

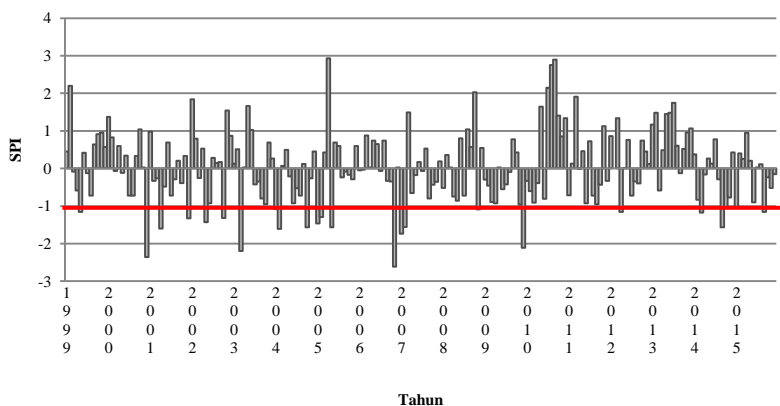
Pola curah hujan harian di delapan stasiun lainnya disajikan pada Lampiran 2. Kedelapan stasiun lainnya juga memiliki pola curah hujan harian yang sama yaitu pola monsun. Stasiun Meteorologi Mali memiliki satu puncak musim hujan pada bulan Januari dengan rata-rata curah hujan sebesar 8,23 mm/hari.

Sedangkan ketujuh stasiun lainnya memiliki puncak musim hujan yang sama yaitu pada bulan Februari dengan rata-rata curah hujan Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega, Stasiun Klimatologi Lasiana, dan Stasiun Meteorologi Eltari mencapai 15 mm/hari. Sedangkan Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda, Stasiun Meteorologi Gewayantana, Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda, dan Stasiun Meteorologi Tardamu memiliki rata-rata curah hujan untuk puncak musim hujan yakni sekitar 5-9 mm/hari.

Tidak berbeda dengan Stasiun Meteorologi Komodo, kedelapan stasiun lainnya juga memiliki nilai rata-rata curah hujan harian rendah yang terjadi pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, September, dan Oktober. Pada Stasiun Klimatologi Lasiana bulan Juli dan Agustus hampir pernah tidak terjadi hujan, hal tersebut dibuktikan dengan rata-rata curah hujan untuk masing-masing bulan Juli dan Agustus sebesar 0,048 mm/hari. Selain itu, Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda dan Stasiun Meteorologi Tardamu juga hampir tidak pernah hujan pada bulan Agustus karena rata-rata curah hujannya adalah 0,01 mm/hari.

4.3 *Standardized Precipitation Index (SPI)*

Data yang telah *dipreprocessing* selanjutnya dikonversi ke dalam indeks kekeringan sehingga didapatkan data baru yaitu data SPI sebanyak 204 data untuk masing-masing stasiun pengamatan. Untuk mengetahui karakteristik SPI setiap bulan pada tahun 1999 sampai 2015 di Manggarai dan sekitarnya (Stasiun Meteorologi Komodo) dapat dilihat dari Gambar 4.3. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa terdapat empat kali kejadian SPI dengan kategori sangat kering yaitu pada Desember 2000, Maret 2003, November 2006, dan Desember 2009. Puncak kekeringan terjadi pada bulan November 2006 dengan nilai SPI sebesar -2,61.



Keterangan:

Garis merah menunjukkan batas bawah nilai SPI dinyatakan mengalami kekeringan

Gambar 4.3 Karakteristik SPI Bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo pada Tahun 1999-2015

Gambar 4.3 menyajikan karakteristik SPI bulanan di Stasiun Meteorologi Komodo yaitu terdapat 18 kali *drought duration* (DD) dengan yang terlama terjadi selama 5 bulan (Desember 2009 – April 2010). Kejadian kekeringan tersebut dimulai ketika nilai SPI sama dengan -1 dan berakhir jika nilai SPI berubah menjadi positif. Rincian kejadian kekeringan di Stasiun Meteorologi Komodo selama tahun 1999 sampai 2015 ditabelkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Komodo Tahun 1999-2015

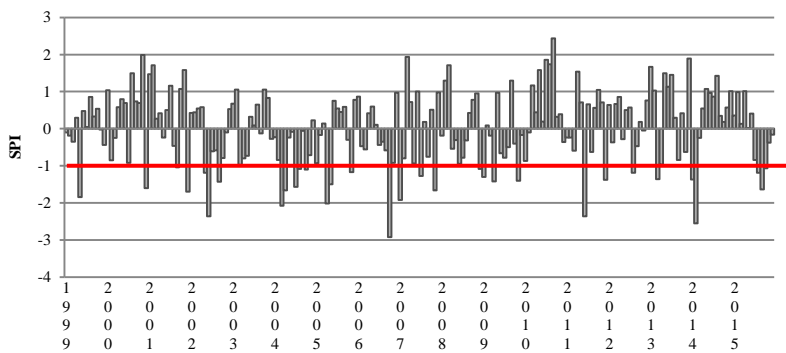
Tahun	Bulan	Durasi (bulan)	Magnitude	Intensity
1999	V	1	1,16	1,16
2000	XII	1	2,36	2,36
2001	IV	1	1,60	1,60
2001	XII	1	1,33	1,33
2002	V-VI	2	2,36	1,18
2002	X	1	1,32	1,32
2003	III	1	2,20	2,20
2004	I-II	2	2,69	1,34

Tabel 4.4 Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Komodo
Tahun 1999-2015 (lanjutan)

Tahun	Bulan	Durasi (bulan)	<i>Magnitude</i>	<i>Intensity</i>
2004	X-XI	2	1,83	0,92
2005	I-II	2	2,75	1,38
2005	V	1	1,57	1,57
2006	XI	1	2,61	2,61
2007	I-II	2	3,30	1,65
2008	XI	1	1,09	1,09
2009-2010	XII-IV	5	4,34	0,87
2012	IV	1	1,16	1,16
2014	IX-XI	3	3,36	1,12
2015	IX-XII	4	2,07	0,52

Nilai kekuatan kekeringan (*magnitude*) tertinggi di Stasiun Meteorologi Komodo adalah 4,34 (Desember 2009 – April 2010) sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.4. Sedangkan nilai intensitas kekeringan tertinggi sebesar 2,61 yakni pada bulan November 2011. Frekuensi relatif kekeringan selama 17 tahun di Stasiun Meteorologi Komodo adalah 15,69%.

Nilai SPI di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega selama periode 1999-2015 ditunjukkan oleh Gambar 4.4. Terdapat enam kali kejadian SPI dengan kategori sangat kering, yaitu pada Juni 2002, Maret 2004, April 2005, Oktober 2006, Juni 2011, dan Februari 2014. Di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega terdapat 21 kali *drought duration* (DD).



Gambar 4.4 Karakteristik SPI Bulanan di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega pada tahun 1999-2015

Gambar 4.4 menunjukkan karakteristik SPI selama 17 tahun terakhir dengan puncak kekeringan di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega terjadi ketika nilai SPI sebesar -2,92 (Oktober 2006). Besarnya kekuatan kekeringan (*magnitude*) pada periode puncak kekeringan tersebut adalah 8,58 dengan nilai intensitas sebesar 0,95. Berikut ini Tabel 4.5 menunjukkan rincian kejadian kekeringan di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega.

Tabel 4.5 Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega Tahun 1999-2015

Tahun	Bulan	Durasi	<i>Magnitude</i>	<i>Intensity</i>
1999	V	1	1,84	1,84
2000	XII	1	1,60	1,60
2001	IX	1	1,04	1,04
2001	XII	1	1,70	1,70
2002	V-XI	7	7,06	1,00
2004	III-XI	9	8,58	0,95
2005	IV-V	2	3,52	1,76

Tabel 4.5 Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega Tahun 1999-2015 (lanjutan)

Tahun	Bulan	Durasi	<i>Magnitude</i>	<i>Intensity</i>
2005	XI	1	1,17	1,17
2006	X-XI	2	3,84	1,92
2007	I-II	2	2,00	1,00
2007	VII	1	1,27	1,27
2007	XI	1	1,66	1,66
2008-2009	XII-I	2	2,38	1,19
2009	IV	1	1,42	1,42
2009-2010	XI-II	4	2,54	0,64
2011	VI	1	2,36	2,36
2011	XII	1	1,38	1,38
2012	VIII-IX	2	1,66	0,83
2013	III-IV	2	2,22	1,11
2014	I-III	3	4,17	1,39
2015	VIII-XII	5	4,44	0,89

Tabel 4.5 menampilkan *drought duration* (DD), *magnitude*, dan intensitas kekeringan selama 17 tahun di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega. Nilai DD paling banyak adalah antara 1 sampai 2 bulan, sedangkan yang paling lama adalah selama 9 bulan (Maret 2004 – November 2004). Pada periode tersebut memiliki nilai *magnitude* tertinggi (8,58) tetapi tidak menunjukkan nilai intensitas kekuatan kekeringan yang paling tinggi. Hal tersebut dikarenakan pada periode lain yang lebih singkat durasinya memiliki intensitas lebih tinggi yaitu 2,36 yang terjadi pada bulan Juni 2011. Frekuensi relatif kekeringan selama 17 tahun di wilayah Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega adalah 24,51%.

Berdasarkan analisis dua stasiun meteorologi (Komodo dan Frans Sales Lega) terlihat perbedaan analisis kekeringan berdasarkan nilai SPI. Di daerah Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega dengan curah hujan yang lebih tinggi setiap tahunnya

mengalami kekeringan dengan kategori sangat kering lebih banyak dibandingkan Stasiun Meteorologi Komodo. Selanjutnya, Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega juga pernah mengalami kekeringan yang lebih lama dibandingkan Stasiun Meteorologi Komodo dengan nilai intensitas Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega lebih kecil daripada Stasiun Meteorologi Komodo. Sedangkan jika dilihat dari proporsi banyaknya kejadian kekeringan, Stasiun Meteorologi Frans Sales mengalami kekeringan lebih banyak dibandingkan Stasiun Meteorologi Komodo.

Hasil analisis stasiun-stasiun lainnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Pada Lampiran 4 diperoleh bahwa Stasiun Meteorologi Fransiskus dan Stasiun Meteorologi Mali tidak mengalami kejadian kekeringan dikarenakan tidak ada nilai SPI yang lebih kecil dari -1. Stasiun Meteorologi Umbu Meheng Kunda menjadi daerah yang paling banyak mengalami kekeringan untuk kategori sangat kering yaitu 3 kali. Sebaliknya, daerah yang paling sedikit (2 kali) mengalami kekeringan untuk kategori sangat kering adalah Stasiun Klimatologi Lasiana, Stasiun Meteorologi Eltari, dan Stasiun Meteorologi Tardamu. Sedangkan stasiun yang sama sekali tidak mengalami kekeringan untuk kategori sangat kering adalah Stasiun Meteorologi Gewayantana.

Selanjutnya, hasil analisis puncak kekeringan memperlihatkan bahwa puncak kekeringan terbesar terjadi di Stasiun Meteorologi Sales Lega (-2,92) pada Oktober 2006 dan yang terkecil terjadi di Stasiun Meteorologi Tardamu (-2,22) pada Januari 2005. Enam dari sembilan stasiun yang mengalami kekeringan mempunyai puncak kekeringan dengan nilai lebih kecil dari -2. Keenam stasiun tersebut secara berturut-turut adalah Stasiun Meteorologi Komodo, Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega, Stasiun Meteorologi Umbu Meheng Kunda, Stasiun Klimatologi Lasiana, Stasiun Meteorologi Eltari, dan Stasiun Meteorologi Tardamu. Sedangkan Stasiun Meteorologi Gewayantana mempunyai puncak kekeringan lebih kecil dari -1.

4.3.1 Durasi, Kekuatan, dan Intensitas Kekuatan Kekeringan

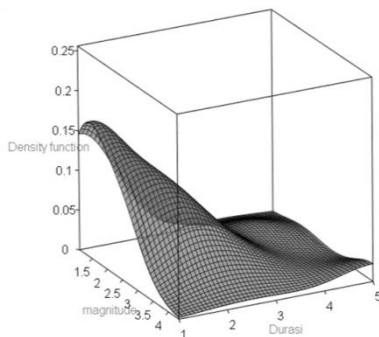
Berdasarkan nilai *drought duration* (DD) dan *magnitude* pada Lampiran 5, diperoleh bahwa kekeringan terlama yang pernah terjadi di Nusa Tenggara Timur yaitu di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega dan Stasiun Meteorologi Gewayantana dengan lamanya mencapai 9 bulan dengan besar kekuatan SPI secara berturut-turut adalah 8,58 dan 7,61. Sedangkan kekeringan terlama di Stasiun Meteorologi Komodo yang berlangsung selama 5 bulan merupakan yang terpendek dengan kekuatannya hanya 4,34. Untuk stasiun lainnya kekeringan terlama terjadi 8 bulan yakni terjadi di Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda dan Stasiun Meteorologi Eltari, dan kekeringan 6 bulan terjadi di Stasiun Klimatologi Lasiana dan Stasiun Meteorologi Tardamu.

Selanjutnya nilai intensitas menunjukkan bahwa dari tujuh stasiun yang mengalami kekeringan, enam diantaranya mempunyai nilai intensitas kurang dari 1. Keenam stasiun tersebut adalah Stasiun Meteorologi Komodo, Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega, Stasiun Meteorologi Gewayantana, Stasiun Klimatologi Lasiana, Stasiun Meteorologi Eltari, dan Stasiun Meteorologi Tardamu. Sedangkan Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda mempunyai intensitas lebih dari 1, yang berarti stasiun tersebut mengalami kekeringan dengan intensitas lebih kuat dibandingkan dengan stasiun hujan lainnya.

Faktor terakhir yang dianalisis dari Lampiran 5 adalah frekuensi relatif kekeringan. Proporsi kekeringan terbesar terjadi di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega (24,51%) dan terkecil di Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda (11,76%). Secara umum, stasiun meteorologi lainnya mempunyai proporsi kekeringan hampir sama yakni sekitar 12-15%. Hal ini berarti berdasarkan nilai SPI, sebagian besar wilayah Nusa Tenggara Timur telah mengalami kekeringan paling sedikit 25 bulan selama periode 204 bulan (17 tahun).

4.3.2 Joint Probability Density Function (PDF) dan Return Period

Setelah mendapatkan nilai durasi dan *magnitude* untuk masing-masing stasiun, langkah selanjutnya adalah mengestimasi *joint* PDF. Gambar 4.5 menunjukkan *joint* PDF antara durasi dan *magnitude* untuk Stasiun Meteorologi Komodo.



Gambar 4.5 Joint PDF Durasi dan *Magnitude* di Stasiun Meteorologi Komodo

Gambar 4.5 menunjukkan hubungan antara durasi dan *magnitude* kekeringan di Stasiun Meteorologi Komodo. Terlihat bahwa kekeringan yang terjadi pada durasi sekitar 1-4 bulan memiliki nilai *magnitude* yang relatif kecil, yakni sekitar kurang dari 3.5. Sedangkan untuk nilai durasi 5 bulan tidak terlalu banyak kejadian kekeringan yang terjadi, namun pada durasi 5 bulan ini nilai *magnitude* kekeringannya cukup besar yakni sebesar 4 (SPI). Kemudian *joint* PDF untuk stasiun lainnya memiliki bentuk yang hampir sama dengan Stasiun Meteorologi Komodo, hanya berbeda bentuk *tail joint* PDFnya. Hal tersebut dapat diketahui dari gambar yang disajikan pada Lampiran 7.

Selanjutnya adalah pembahasan terkait *return period* untuk durasi dan *magnitude*, namun sebelumnya dilakukan pencocokan sebaran data durasi dan *magnitude*. Tabel 4.6 menyajikan hasil *Chi-square test* untuk pencocokan sebaran durasi dan *magnitude* pada masing-masing stasiun pengamatan.

Tabel 4.6 *Chi-square Test* untuk Pencocokan Distribusi Durasi dan *Magnitude*

Stasiun Pengamatan	Variabel	Dugaan Distribusi	Statistik Uji	Critical Value*	Keputusan
Stasiun Meteorologi Komodo	Durasi	Gamma	1,29	3,84	Gagal tolak H_0
	<i>Magnitude</i>	Gamma	0,53	5,99	Gagal tolak H_0
Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega	Durasi	Log-Pearson Type III	1,43	5,99	Gagal tolak H_0
	<i>Magnitude</i>	Log-Normal 3 Parameter	0,96	5,99	Gagal tolak H_0
Stasiun Meteorologi Gewayantana	Durasi	Log-Pearson Type III	0,26	0,48	Gagal tolak H_0
	<i>Magnitude</i>	Gamma	0,26	0,48	Gagal tolak H_0
Stasiun Meteorologi Umbu Mehang	Durasi	Gamma	0,05	3,88	Gagal tolak H_0
	<i>Magnitude</i>	Gamma	0,03	3,84	Gagal tolak H_0
Stasiun Klimatologi Lasiana	Durasi	Gamma	0,09	3,84	Gagal tolak H_0
	<i>Magnitude</i>	Log-Normal 3 Parameter	0,02	3,84	Gagal tolak H_0
Stasiun Meteorologi Eltari	Durasi	Gamma	0,01	3,84	Gagal tolak H_0
	<i>Magnitude</i>	Log-Normal 3 Parameter	0,08	3,84	Gagal tolak H_0
Stasiun Meteorologi Tardamu	Durasi	Gamma	0,62	3,84	Gagal tolak H_0
	<i>Magnitude</i>	Log-Pearson Type III	0,05	3,84	Gagal tolak H_0

Keterangan:

*Taraf signifikansi = 0,05

Hasil *Chi-square test* untuk pencocokan terhadap sebaran durasi dan *magnitude* untuk masing-masing stasiun pengamatan menunjukkan hasil gagal tolak H_0 yang berarti durasi maupun *magnitude* mengikuti distribusi dugaan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.6. Setelah mengetahui sebaran data tersebut, dilakukan perhitungan *return period* (periode ulang) untuk 5, 25, dan 50 tahun. Hasil lengkap *return period* 5, 25, dan 50 tahun untuk masing-masing stasiun pengamatan disajikan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7 Durasi Kekeringan di Stasiun Pengamatan Berdasarkan *Return Period* 5, 25, dan 50 Tahun

Stasiun Pengamatan	Durasi (bulan)		
	5 tahun	25 tahun	50 tahun
Komodo	3	4	5
Frans	3	8	12
Gewayantana	5	17	30
Umbu	3	7	8
Lasiana	3	5	6
Eltari	4	7	8
Tardamu	3	6	7

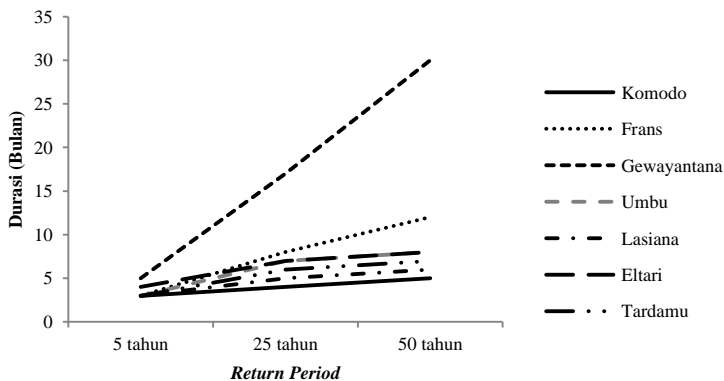
Tabel 4.8 *Magnitude* Kekeringan di Stasiun Pengamatan Berdasarkan *Return Period* 5, 25, dan 50 Tahun

Stasiun Pengamatan	<i>Magnitude</i> (SPI)		
	5 tahun	25 tahun	50 tahun
Komodo	2,8	4,0	4,5
Frans	4,0	6,9	8,3
Gewayantana	4,9	9,3	11,2
Umbu	4,1	7,1	8,4
Lasiana	3,0	4,3	4,8
Eltari	3,5	5,2	5,8
Tardamu	2,8	7,2	10,7

Tabel 4.7 menunjukkan Stasiun Meteorologi Komodo dengan nilai durasi mengikuti sebaran Gamma memiliki rancangan *return period* lamanya kekeringan 5, 25, dan 50 tahun berturut-turut adalah 3, 4, dan 5 bulan. Sedangkan untuk kekuatan kekeringan (*magnitude*) sebagaimana disajikan pada Tabel 4.8, di Stasiun

Meteorologi Komodo dengan rancangan *return period* 5, 25, dan 50 tahun berturut-turut adalah 2,8; 4 dan 4,5. Selanjutnya di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega memiliki hasil *Chisquare test* sebaran Log-Pearson Type III (untuk durasi) dan sebaran Lognormal 3 Parameters (untuk kekuatan kekeringan). Lamanya kekeringan yakni 3, 8, dan 12 bulan untuk rancangan *return period* 5, 25, dan 50 tahun. Sedangkan kekuatan kekeringan (*magnitude*) di Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega pada rancangan *return period* 5, 25, dan 50 tahun secara berturut-turut tahun ialah 3,9; 6,9 dan 8,3. Kemudian untuk durasi dan *magnitude* untuk stasiun lainnya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Nilai-nilai rancangan *return period* tersebut ditampilkan dalam grafik *Time Scale-Duration-Frequency* (TDF) dan *Time Scale Magnitude-Frequency* (TMF) seperti ditampilkan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.

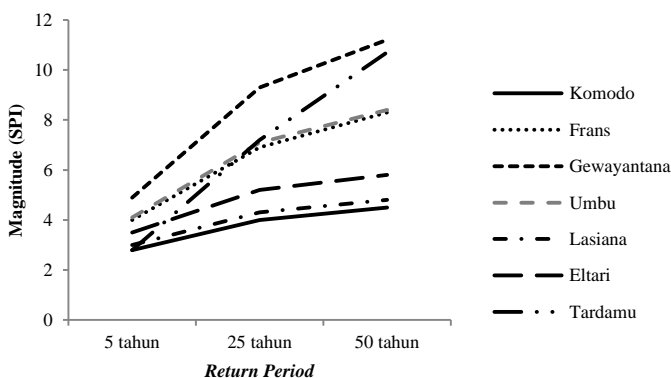


Gambar 4.6 Grafik TDF Tujuh Stasiun Pengamatan pada *Return Period* 5, 25, dan 50 Tahun

Grafik *Time Scale-Duration-Frequency* (TDF) menunjukkan bahwa Stasiun Meteorologi Komodo memiliki durasi kekeringan tercepat untuk ketiga *return period* yang dirancang sebagaimana disajikan pada Gambar 4.6. Sedangkan untuk Stasiun Meteorologi Umbu, Lasiana, dan Tardamu memiliki durasi kekeringan yang sama yakni 3 bulan untuk *return period* 5 tahun, namun untuk

return period 25 dan 50 tahun, ketiga stasiun tersebut relatif memiliki durasi kekeringan yang hampir sama. Stasiun Meteorologi Gewayantana dan Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega merupakan stasiun yang memiliki durasi kekeringan yang cukup berbeda dengan stasiun lainnya. Stasiun Meteorologi Gewayantana mempunyai nilai durasi kekeringan yang terlama, yakni mencapai 17 bulan untuk *return period* 25 tahun dan 30 bulan durasi kekeringan untuk *return period* 50 tahun.

Magnitude kekeringan untuk *return period* 5, 25, dan 50 tahun digambarkan dengan grafik *Time Scale Magnitude-Frequency* (TMF) berikut ini.

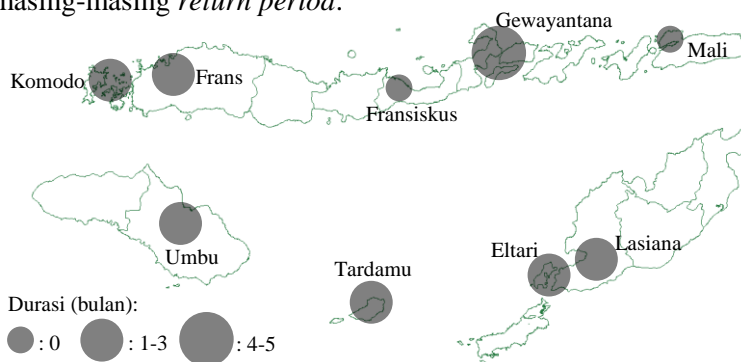


Gambar 4.7 Grafik TMF Tujuh Stasiun Pengamatan pada *Return Period* 5, 25, dan 50 Tahun

Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa pada *return period* yang sama, lamanya kekeringan yang terjadi di tujuh stasiun pengamatan memiliki nilai *magnitude* yang cukup bervariasi. Secara umum, semakin lama *return period* maka semakin besar nilai *magnitude*. Sebagai contoh yaitu pada *return period* 25 tahun, setiap periode 25 tahunan besar kekuatan kekeringan yang dirancang dapat terjadi di Stasiun Meteorologi Komodo adalah 4 yang merupakan *magnitude* terkecil, sedangkan di Stasiun Meteorologi Gewayantana mencapai nilai 9 yakni merupakan *magnitude* terbesar.

4.4 Pemetaan Risiko Kekeringan di NTT Berdasarkan *Return Period*

Durasi dan *magnitude* (kekuatan) kekeringan yang dirancang untuk *return period* 5, 25, dan 50 tahun untuk beberapa stasiun di Nusa Tenggara Timur (NTT) dapat digunakan untuk pemetaan. Berikut ini merupakan pemetaan untuk durasi dan *magnitude* dari masing-masing *return period*.



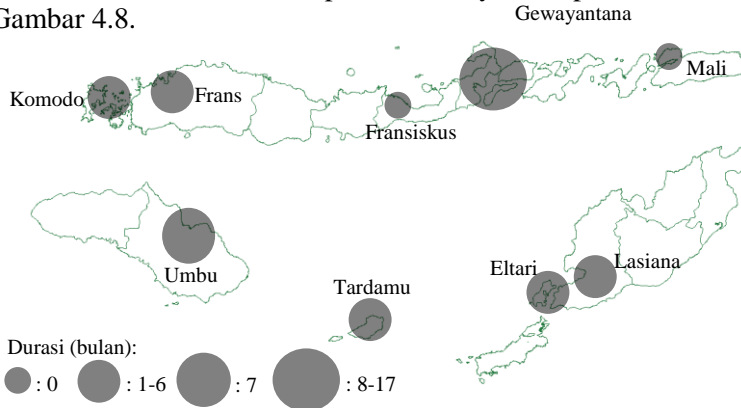
Gambar 4.8 Pemetaan Durasi Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada *Return Period* 5 Tahun

Beberapa stasiun di NTT yang memiliki durasi kekeringan untuk *return period* 5 tahun berdasarkan Gambar 4.8 terbagi menjadi 3 kelompok, yakni jika semakin besar *dot*, maka semakin lama kekeringan yang terjadi. Terdapat 2 stasiun di NTT yang memiliki durasi kekeringan 0 bulan untuk *return period* 5 tahun. Hal tersebut dikarenakan tidak terjadi kekeringan berdasarkan nilai SPI yang telah didapatkan dari Stasiun Meteorologi Fransiskus dan Mali.

Kemudian Stasiun Meteorologi Gewayantana yang berada di Kabupaten Flores Timur merupakan stasiun satu-satunya yang memiliki nilai durasi kekeringan sekitar 4-5 bulan untuk *return period* 5 tahun. Sedangkan untuk 6 stasiun yang ditunjukkan dengan *dot* berukuran sedang, memiliki durasi kekeringan sekitar 1-3 bulan untuk *return period* 5 tahun, yaitu Stasiun Meteorologi Komodo, Frans Sales Lega, Uumbu Meheng Kunda, Tardamu,

Eltari, dan Stasiun Klimatologi Lasiana. Keenam stasiun tersebut terletak hampir berdekatan satu dengan yang lainnya.

Selanjutnya dilakukan pemetaan durasi kekeringan untuk beberapa stasiun di NTT pada *return period* 25 tahun seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9. Berdasarkan hasil pemetaan tersebut, diketahui bahwa pola warnanya hampir sama dengan Gambar 4.8.

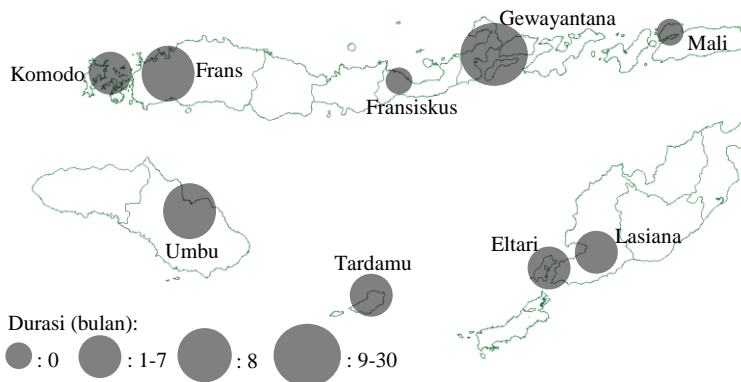


Gambar 4.9 Pemetaan Durasi Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada *Return Period* 25 Tahun

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa terdapat masing-masing satu stasiun yang mengalami kekeringan dengan durasi 7 bulan dan lebih dari 7 bulan untuk *return period* 25 tahun secara berturut-turut adalah Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda dan Stasiun Meteorologi Gewayantana. Sedangkan lima stasiun lainnya memiliki durasi kekeringan yang sama untuk *return period* 25 tahun sebesar 1-6 bulan. Kelima stasiun tersebut adalah Stasiun Meteorologi Komodo, Frans Sales Lega, Tardamu, Eltari, dan Stasiun Klimatologi Lasiana. Untuk dua stasiun lainnya, yakni Stasiun Meteorologi Fransiskus dan Mali memiliki durasi 0 bulan dikarenakan tidak terjadi kekeringan berdasarkan nilai SPI yang telah didapatkan dari Stasiun Meteorologi Fransiskus dan Mali.

Rancangan untuk *return period* yang terakhir adalah 50 tahun. Sama seperti durasi kekeringan untuk *return period* 5 dan 25 tahun, Stasiun Meteorologi Gewayantana memiliki durasi

kekeringan yang paling tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya. Berikut merupakan pemetaan durasi kekeringan untuk beberapa stasiun di NTT pada *return period* 50 tahun.



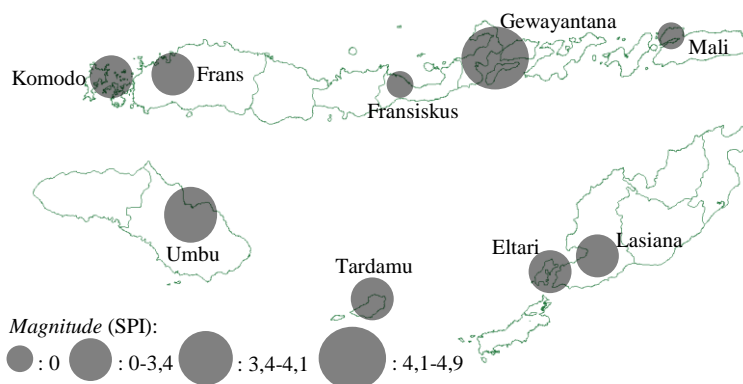
Gambar 4.10 Pemetaan Durasi Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada *Return Period* 50 Tahun

Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega dan Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda memiliki durasi kekeringan selama 8 bulan untuk *return period* 50 tahun, sebagaimana disajikan pada Gambar 4.10. Terlihat bahwa semakin besar *dot*, maka semakin lama kejadian kekeringan terjadi. Sedangkan *dot* yang paling besar yakni di Stasiun Meteorologi Gewayantana merupakan stasiun dengan durasi kekeringan terlama di NTT untuk *return period* 50 tahun. Sama seperti pemetaan sebelumnya, Stasiun Meteorologi Fransiskus dan Mali memiliki durasi 0 bulan dikarenakan tidak terjadi kekeringan berdasarkan nilai SPI yang telah didapatkan dari kedua stasiun tersebut.

Setelah melakukan pemetaan untuk durasi kekeringan untuk beberapa stasiun di NTT dengan *return period* 5, 25, dan 50 tahun, selanjutnya adalah pemetaan untuk *magnitude* (kekuatan) kekeringan untuk *return period* yang sama. Stasiun Meteorologi Mali dan Stasiun Meteorologi Fransiskus memiliki nilai *magnitude* sama dengan nol dikarenakan kedua stasiun tersebut mempunyai nilai SPI yang lebih besar nilainya dari -1. Hal tersebut

menyebabkan tidak terindikasi adanya kejadian kekeringan sehingga tidak dapat dilakukan pemetaan *magnitude* kekeringan berdasarkan *return period* 5, 25, dan 50 tahun untuk Stasiun Meteorologi Mali dan Stasiun Meteorologi Fransiskus.

Gambar 4.11 merupakan pemetaan *magnitude* kekeringan untuk beberapa stasiun di NTT pada *return period* 5 tahun dimana *magnitude* kekeringan semakin tinggi jika ukuran *dot*nya semakin besar.

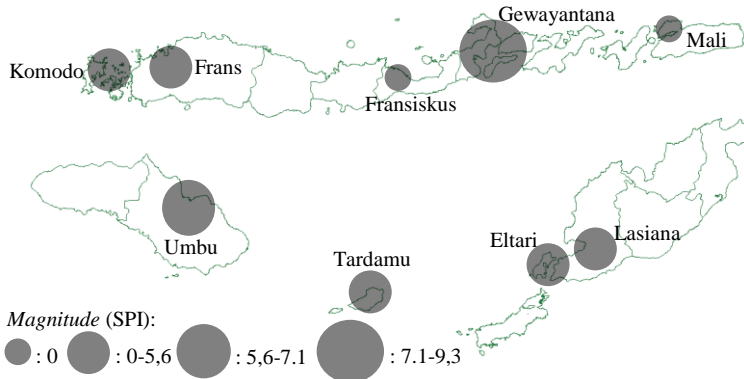


Gambar 4.11 Pemetaan *Magnitude* (Kekuatan) Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada *Return Period* 5 Tahun

Stasiun Meteorologi Gewayantana merupakan stasiun dengan *magnitude* kekeringan tertinggi di NTT, yakni kekuatannya sekitar 4,1-4,9 (dalam SPI) sebagaimana disajikan pada Gambar 4.11. Sedangkan Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda memiliki *magnitude* yang lebih rendah daripada Stasiun Meteorologi Gewayantana, yaitu sekitar 3,4-4,1 (dalam SPI). *Magnitude* terkecil yakni 0-3.4 (dalam SPI) ditunjukkan oleh Stasiun Meteorologi Komodo, Frans Sales Lega, Tardamu, Eltari, dan Stasiun Klimatologi Lasiana. Selain itu, seperti pemetaan sebelumnya Stasiun Meteorologi Fransiskus dan Mali memiliki *magnitude* sama dengan nol dikarenakan tidak terjadi kekeringan setelah dilakukan analisis terhadap nilai SPI.

Sama seperti pemetaan *magnitude* untuk *return period* 5 tahun, ukuran *dot* dari nilai *magnitude* untuk *return period* 25

tahun juga terbagi menjadi 4 bagian, yakni jika semakin besar ukuran *dotnya*, maka semakin tinggi nilai *magnitude* kekeringannya. Gambar 4.12 berikut ini menunjukkan pemetaan untuk beberapa stasiun di NTT pada *return period* 25 tahun.

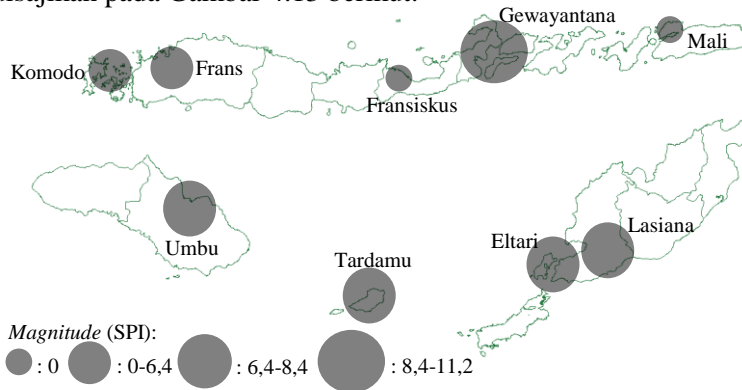


Gambar 4.12 Pemetaan *Magnitude* (Kekuatan) Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada *Return Period* 25 Tahun

Pemetaan *magnitude* kekeringan untuk beberapa stasiun di NTT yang disajikan pada Gambar 4.12 memberikan hasil pola yang sama dengan pemetaan sebelumnya, yakni terdapat satu stasiun dengan *magnitude* tertinggi yaitu Stasiun Meteorologi Gewayantana. Kemudian Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda dengan *magnitude* sekitar 5,6-7,1 (dalam SPI) dan diikuti lima stasiun lainnya dengan nilai *magnitude* yang lebih rendah yakni kurang dari 5,6. Kelima stasiun tersebut adalah Stasiun Meteorologi Komodo, Frans Sales Lega, Tardamu, Eltari, dan Stasiun Klimatologi Lasiana. Sedangkan stasiun dengan nilai *magnitude* sama dengan nol adalah Stasiun Meteorologi Fransiskus dan Mali.

Tidak seperti dua nilai *return period* sebelumnya, *return period* 50 tahun memberikan hasil pemetaan yang sedikit berbeda, yakni jika sebelumnya Stasiun Meteorologi Komodo, Frans Sales Lega, Tardamu, Eltari, dan Stasiun Klimatologi Lasiana memiliki ukuran *dot* (*range magnitude*) yang sama, kali ini Stasiun

Meteorologi Tardamu, Eltari, dan Stasiun Klimatologi Lasiana memiliki ukuran *dot* yang sama dengan Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda. Hal tersebut diketahui dari pemetaan yang disajikan pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Pemetaan *Magnitude* (Kekuatan) Kekeringan untuk Beberapa Stasiun di NTT pada *Return Period* 50 Tahun

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa terdapat dua stasiun dengan *magnitude* kurang dari 6,4 yaitu Stasiun Meteorologi Komodo dan Frans Sales Lega, sedangkan untuk kelompok selanjutnya adalah *magnitude* dengan rentang 6,4 sampai 8,4 yang terdiri atas empat stasiun dimana keempat stasiun tersebut terletak hampir berdekatan. Keempat stasiun yang dimaksud adalah Stasiun Meteorologi Umbu Mehang Kunda, Tardamu, Eltari, dan Stasiun Klimatologi Lasiana. Sedangkan Stasiun Meteorologi Gewayantana yang ditandai dengan *dot* paling besar merupakan stasiun dengan *magnitude* kekeringan yang cukup tinggi yaitu sebesar 8,4 sampai 11,2.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa banyaknya kekeringan yang telah terjadi di Nusa Tenggara Timur (NTT) umumnya sekitar 12-15% selama periode 17 tahun (1999-2015). Prediksi *return period* dari segi durasi dan *magnitude* dilakukan untuk 5, 25, dan 50 tahun. Hasil *return period* 5 tahun menunjukkan bahwa stasiun pengamatan di NTT dapat mengalami durasi kekeringan yang berkisar 3-5 bulan, sedangkan untuk besarnya kekuatan kekeringan berkisar 3 sampai 5 (nilai SPI). Prediksi *return period* 25 dan 50 tahun untuk durasi dan besarnya *magnitude* (kekuatan) kekeringan yang terjadi akan meningkat mengikuti sebaran dari masing-masing durasi dan *magnitude*.

Selain itu, hasil pemetaan berdasarkan prediksi *return period* 5, 25, dan 50 tahun memberikan hasil bahwa Stasiun Meteorologi Gewayantana merupakan stasiun dengan nilai tertinggi durasi dan *magnitude* untuk masing-masing *return period*. Sedangkan Stasiun Meteorologi Komodo dan Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega cenderung memiliki nilai durasi dan *magnitude* terendah jika dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya.

5.2 Saran

Saran yang diberikan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya adalah pemerintah diharapkan melakukan antisipasi dampak kekeringan untuk daerah-daerah yang telah diperkirakan menjadi daerah rawan kekeringan untuk periode ulang 5, 25, dan 50 tahun. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memperhatikan kualitas data curah hujan yang digunakan sehingga hasil informasi yang didapatkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amberkahi, T., Anggraeni, T. K., Pribadi, Y. H., Mardanis, D., Febryanti, D., & Kusairi. (2014). *Buku Informasi Peta Kekeringan dengan Metode SPI Eds April 2014*. Stasiun Klimatologi Pondok Betung.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2012). Retrieved November 15, 2016, from http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Klimatologi/Prakiraan_Hujan_Bulanan.bmkg.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2015). Buletin BMKG. Stasiun Klimatologi Pondok Belitung.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2010). *Peta Risiko Kekeringan di Nusa Tenggara Timur*. Jakarta: BNPB.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2011). *Indeks Rawan Bencana Indonesia*. Jakarta: BNPB.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2014). *Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim*. Jakarta: BAPPENAS.
- Balai Hidrologi. (2003). *Permasalahan Kekeringan dan Cara Mengatasinya*. Sidoarjo: Puslitbang Sidoarjo.
- Bordi, I., Fraedrich, K., & Sutera, A. (2009). Observed Drought and Wetness Trends in Europe: an Update. *Hydrological and Earth System Sciences*, **13**, 1519-1530.
- Changnon, S. A. (1987). Droughts in Illinois: Their Physical and Social Dimensions. *Ill. State Water Survey*, 369.
- Chen, W., Shao, Z., & Tiong, L. K. (2015). Exploration of Diffusion Kernel Density Estimation in Agricultural Drought Risk Analysis: a Case Study in Shandong, China. *Nat. Hazard Earth Syst. Sci.* **3**. 6757-6789.
- Dahal, P., Shree, N., Lall, M., Krakauer, N.Y., Panthi, J., Pradhanang, S., Jha, A., & Lakhankar, T. (2016). Drought

- Risk Assessment in Central Nepal: Temporal and Spatial Analysis. *Nat. Hazard*, **80**, 1913-1932.
- Fogarty, D. J. (2006). *Multiple Imputation as a Missing Data Approach to Reject Inference on Consumer Credit Scoring*. Retrieved November 14, 2016, from <http://interstat.statjournals.net/YEAR/2006/articles/0609001.pdf>
- Frick, D. M., Bode, B., & Salas, J.D. (1990). Effect of Drought on Urban Water Supplies. I: Drought Analysis. *J. Hydrologic Eng*, **116**, 733-753.
- Gebrehiwot, T., Veen, A., & Maathius, B. (2011). Spatial and Temporal Assessment of Drought in the Northern Highlands of Ethiopia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **13** (3), 309-321.
- Gonzalez, J., & Valdes, J. B. (2004). The Mean Frequency of Recurrence of in-Time-Multidimensional Events for Drought Analyses. *Nat.Hazards Earth Syst. Sci.*, **4**, 17-28.
- Guha, S. D., Vos, F., Below, R., & Ponserre, S. (2012). *Annual Disaster Statistical Review 2011: The Numbers and Trends*. Brussels: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED).
- Guttman, N. B. (1999). Accepting The Standardized Precipitation Index : A Calculation Algorithm. *Journal of The American Water Resources Association*, **35**, 311-322.
- Haan, C. T. (2002). *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa State University Press, **128**, 1977.
- Handayani, S. (2003). *Draft Final TKPSDA*. Jakarta: Kementerian Pengelolaan Sumber Daya Air.
- Hohl, D. R. (2010). *Drought Risk Mapping*. Retrieved October 3, 2016, from <http://www.cowi.com>.

- Indonesia Food Security Monitoring Bulletin. (2015). Special Focus: The Impact of Drought related to El Nino. Indonesia.
- Kim, T., Valdes, J.B., & Yoo, C. (2003). Nonparametric Approach for Estimating Return Periods of Droughts in Arid Regions. *American Society of Civil Engineers*, **8** (5), 237-247.
- Kompas. (2015). *270 Desa/Kelurahan di 20 Kabupaten di NTT Dilanda Kekeringan*. Retrieved November 15, 2016, from <http://regional.kompas.com/read/2015/07/30/09274531/270.Desa.Kelurahan.di.20.Kabupaten.di.NTT.Dilanda.Kekeringan>
- Mahdavi, M., Osati, K., Sadeghi, S.A.N., Karimi, B., & Mobariki, J. (2010). Determining Suitable Probability Distribution Models for Annual Precipitation Data (A Case Study of Mazandaran and Golestan Provinces). *Journal of Sustainable Development*, **3** (1), 159-168.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. In: *Proceedings of Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, C.A*, 179-184.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A Review of Drought Concepts. *Journal of Hydrology*, **391** (1), 202-216.
- Muharsyah, R., & Ratri, D.N. (2015). *Durasi dan Kekuatan Kekeringan Menggunakan Indeks Hujan Terstandarisasi di Pulau Bali*. Sub Bidang Analisa Informasi Iklim Pusat Iklim Agroklimat dan Iklim Maritim.
- National Drought Mitigation Center. (2015). What is Drought. USA.
- Neil, M. (2012). Using “Risk Maps” to Visually Model & Communicate Risk. London: University of London.

- Palchaudhuri, M., & Biswas, S. (2013). Analysis of Meteorology Droughth Using Standard Precipitation Index – A Case Study of Purulia District, West Bengal, India. World Academy of Science, Engineering and Technology. *International Journal of Environmental, Ecological, Geological and Mining Engineering*, **7** (3), 119-126.
- Raharjo, & Dwi, P. (2010). Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Potensi Kekeringan Kabupaten Kebumen. *Jurnal Makara Teknologi*, **14** (2), 97-105.
- Rahmat, S. N. (2014). *Methodology for Development of Drought-Severity-Frequency (SDF) Curves*. Thesis: RMIT University.
- Rosenblatt, M. (1956). Remarks on Some Nonparametric Estimates of a Density Function, *Ann. Math.Stat.*, **27**, 832–837.
- Saravi, M. M., Safdari, A. A., & Malekian, A. (2009). Intensity-Duration-Frequency and Spatial Analysis of Drought Using The Standardized Precipitation Index. *Hydrology and Earth System Sciences Discussion are under open-access review for the journal Hydrology and Earth System Science*, **6**, 1347-1383.
- Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor. (2013). *Buletin Analisis Hujan Bulan Januari 2013 dan Prakiraan Hujan Bulan Maret, April dan Mei 2013*. Bogor: Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor.
- Tadesse, T., Wilhite, D., Harms, S., Hayes, M., & Goddard, S. (2004). Drought Monitoring Using Data Mining Techniques: A Case Study for Nebraska, USA. *Natural Hazards*, **33** (1), 137-159.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007. (2007). *Penanggulangan Bencana*. Jakarta: Sekretariat Negara RI.

- Wilhite, D.A, & Knutson, C.L. (2007). Drought Management Planning: Conditions for Success. *Journal of Options Mediterraneennes, A*, 141-148.
- World Meteorological Organization. (2009). *Experts Agree on a Universal Drought Index to Cope with Climate Risks. Press Release No. 872, 2009*. Retrieved October 3, 2016, from www.wmo.int.
- World Meteorological Organization. (2006). *Drought Monitoring and Early Warning: Concepts, Progress and Future Challenges*. WMO-No. 1006, Geneva.

LAMPIRAN

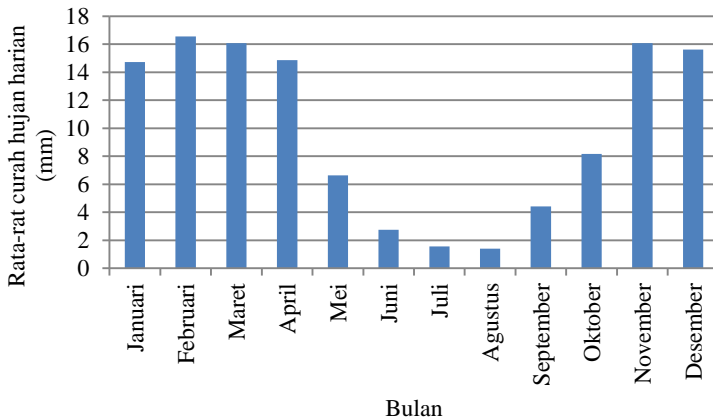
Lampiran 1A. Data Curah Hujan (mm) Stasiun Meteorologi Komodo, Frans, Fransiskus, dan Gewayantana Tahun 1999-2015

Tanggal	Komodo	Frans	Fransiskus	Gewayantana
01/01/1999	0,0	20,3	0,0	2,0
02/01/1999	0,0	15,6	0,0	1,6
03/01/1999	2,5	2,3	0,0	0,0
04/01/1999	5,0	0,7	3,3	9,8
05/01/1999	1,0	0,0	3,5	0,0
06/01/1999	2,3	7,8	6,9	0,0
07/01/1999	10,5	2,0	3,0	3,3
08/01/1999	0,0	4,5	0,0	0,0
09/01/1999	0,3	4,2	0,0	8,2
10/01/1999	2,2	1,0	1,8	0,0
11/01/1999	48,5	52,5	20,6	0,0
12/01/1999	0,8	0,0	0,0	3,8
13/01/1999	0,4	10,6	0,0	0,0
...
...
...
24/12/2015	7,0	36,7	3,0	0,0
25/12/2015	11,2	0,5	1,9	1,9
26/12/2015	12,1	10,1	9,8	2,9
27/12/2015	0,0	0,0	5,6	0,0
28/12/2015	0,0	0,0	3,3	9,0
29/12/2015	16,6	8,4	10,4	0,0
30/12/2015	3,9	0,0	5,8	1,4
31/12/2015	0,3	0,0	5,4	7,0

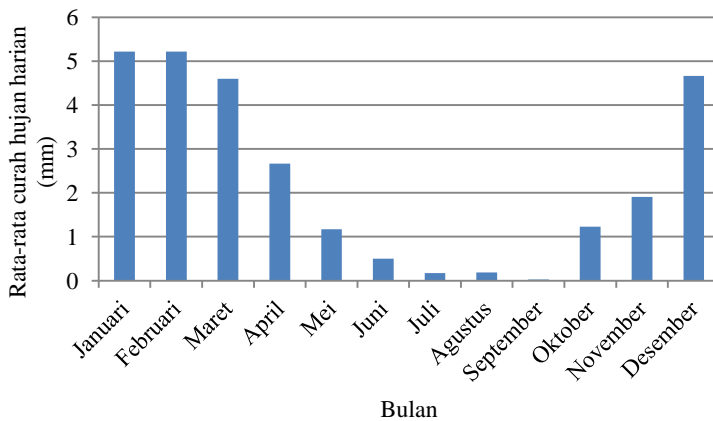
Lampiran 1B. Data Curah Hujan (mm) Stasiun Meteorologi
Mali, Uumbu Mehang Kunda, Lasiana, Eltari, dan
Tardamu Tahun 1999-2015

Tanggal	Mali	Uumbu	Lasiana	Eltari	Tardamu
01/01/1999	0,0	16,5	0,8	0,0	0,0
02/01/1999	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
03/01/1999	5,4	0,0	0,0	2,0	0,0
04/01/1999	4,3	0,0	2,2	1,0	13,6
05/01/1999	3,8	0,2	3,0	0,0	5,2
06/01/1999	0,2	9,5	0,0	14,0	0,9
07/01/1999	0,0	33,0	6,5	3,0	7,9
08/01/1999	1,0	0,0	8,0	34,0	44,1
09/01/1999	0,0	0,6	27,4	15,0	3,4
10/01/1999	0,0	0,0	14,5	0,0	1,0
11/01/1999	5,7	0,3	0,0	27,0	0,0
12/01/1999	7,7	4,8	27,5	15,0	5,4
13/01/1999	32,3	1,2	7,8	8,0	28,1
...
...
...
24/12/2015	0,9	6,0	9,5	9,0	8,3
25/12/2015	0,6	6,2	2,0	13,8	0,9
26/12/2015	5,4	7,3	7,0	12,2	9,6
27/12/2015	19,1	0,0	3,2	10,4	0,0
28/12/2015	6,8	0,0	6,0	11,6	0,0
29/12/2015	15,0	0,0	5,8	10,5	7,1
30/12/2015	10,1	1,3	1,1	11,8	8,4
31/12/2015	1,8	4,2	6,9	12,4	8,1

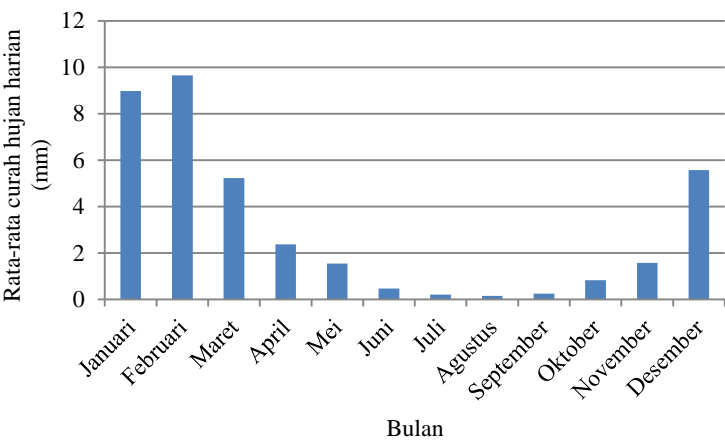
Lampiran 2. Pola Curah Hujan Harian di Stasiun Pengamatan
Tahun 1999-2015



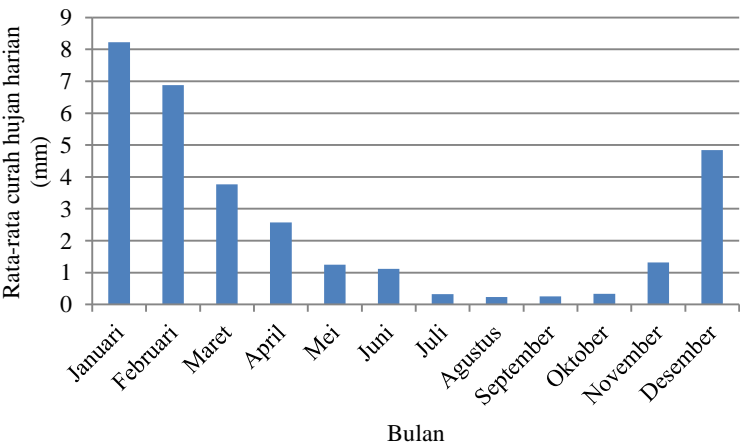
(a) Stasiun Meteorologi Frans Sales Lega



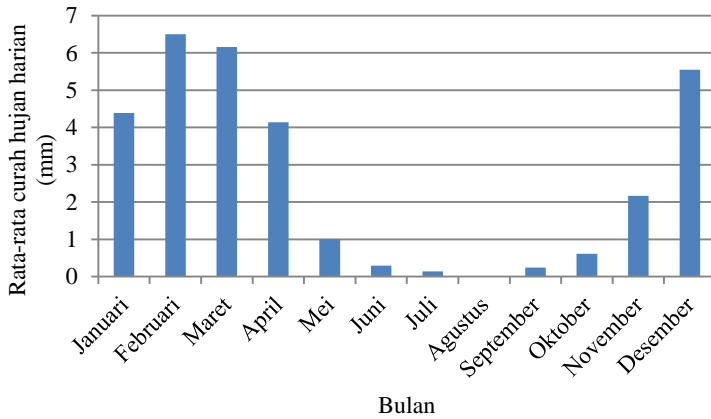
(b) Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverius Seda



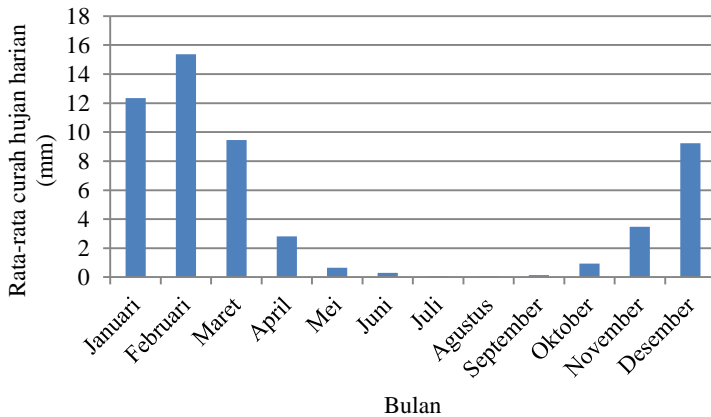
(c) Stasiun Meteorologi Gewayantana



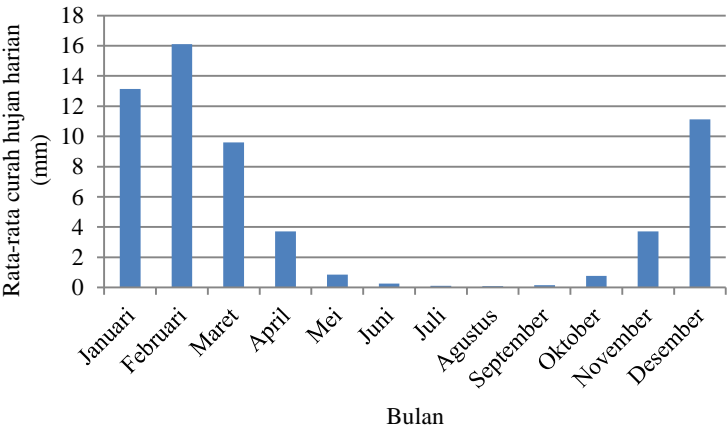
(d) Stasiun Meteorologi Mali



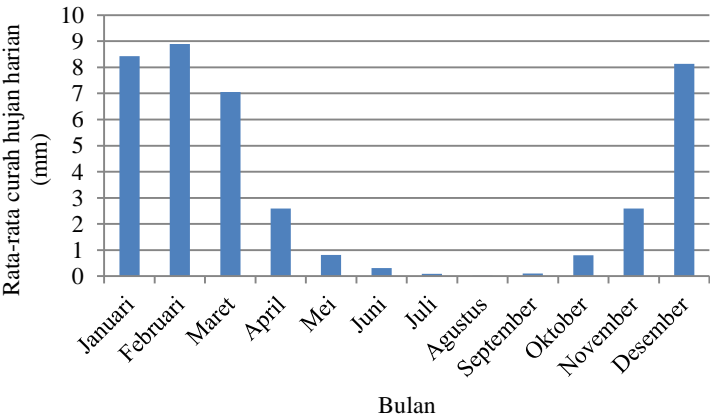
(e) Stasiun Meteorologi Umu Mehang Kunda



(f) Stasiun Klimatologi Lasiana

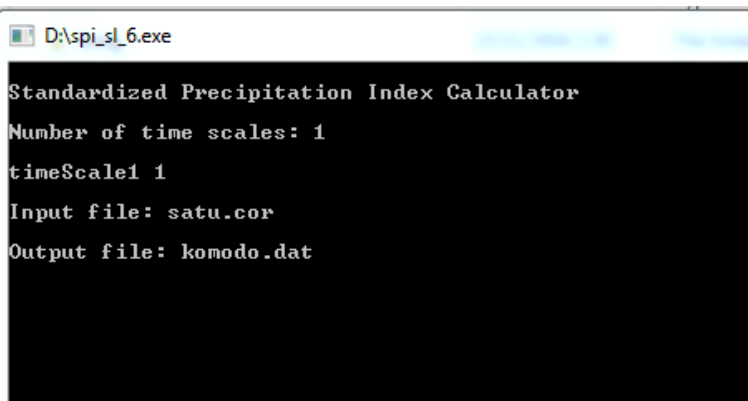


(g) Stasiun Meteorologi Eltari



(h) Stasiun Meteorologi Tardamu

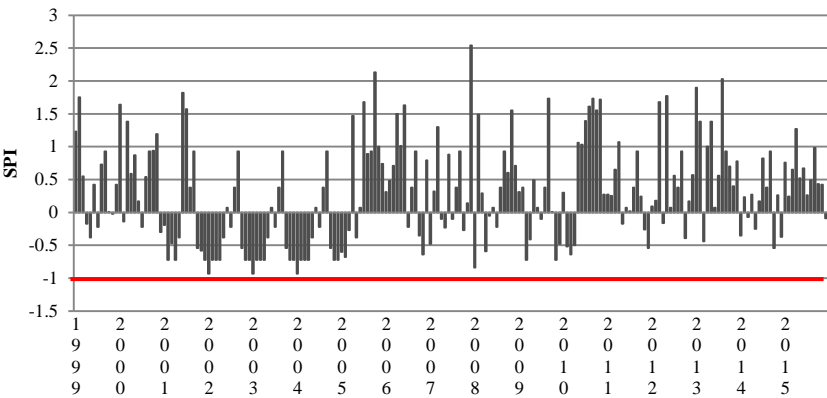
Lampiran 3. Tampilan Aplikasi SPI_SL_6.exe



```
D:\spi_sl_6.exe

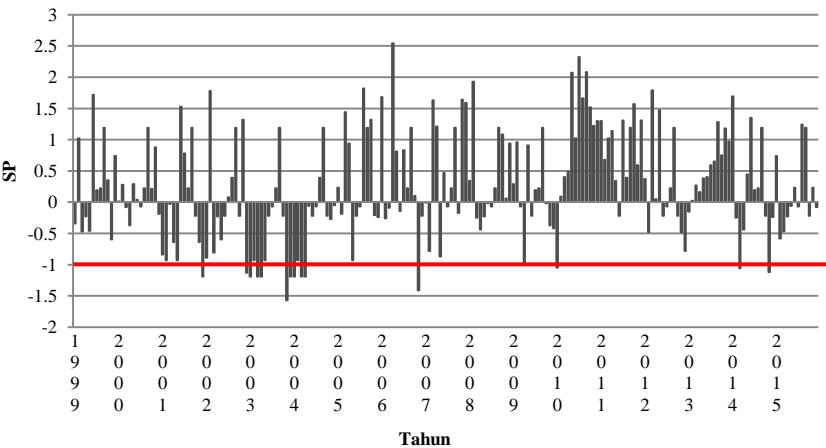
Standardized Precipitation Index Calculator
Number of time scales: 1
timeScale1 1
Input file: satu.cor
Output file: komodo.dat
```

Lampiran 4. Karakteristik SPI Bulanan pada Tahun 1999-2015



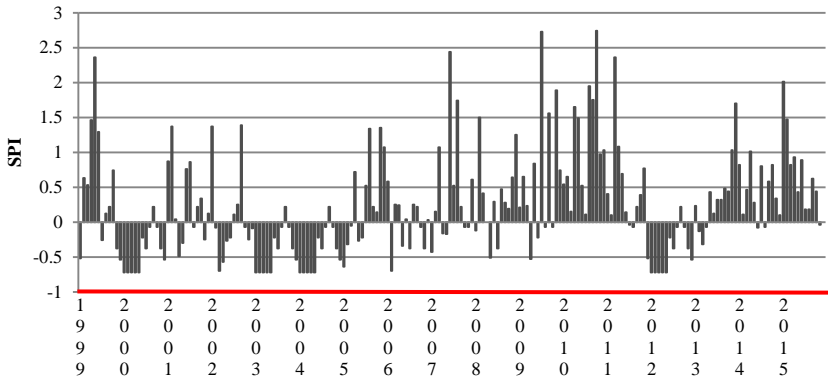
Keterangan:
Garis merah menunjukkan batas bawah nilai SPI dinyatakan mengalami kekeringan

(a) Stasiun Meteorologi Fransiskus Xaverus Seda



Keterangan:
Garis merah menunjukkan batas bawah nilai SPI dinyatakan mengalami kekeringan

(b) Stasiun Meteorologi Gewayantana

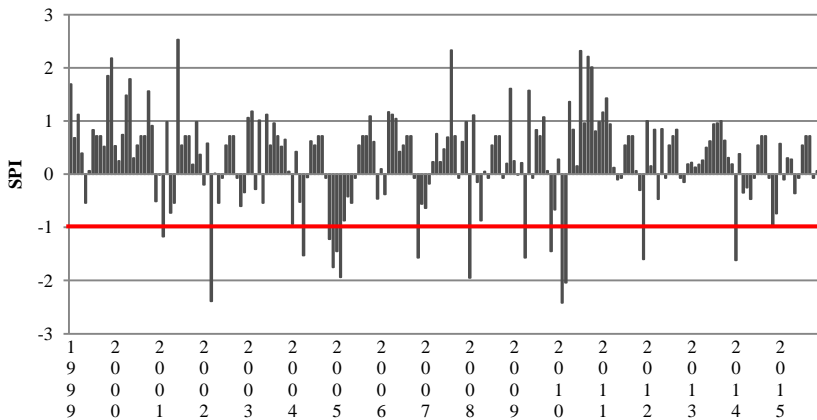


Tahun

Keterangan:

Garis merah menunjukkan batas bawah nilai SPI dinyatakan mengalami kekeringan

(c) Stasiun Meteorologi Mali

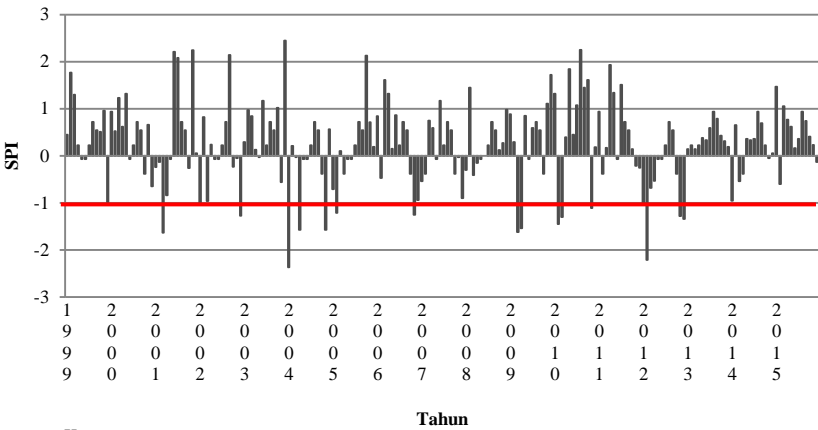


Tahun

Keterangan:

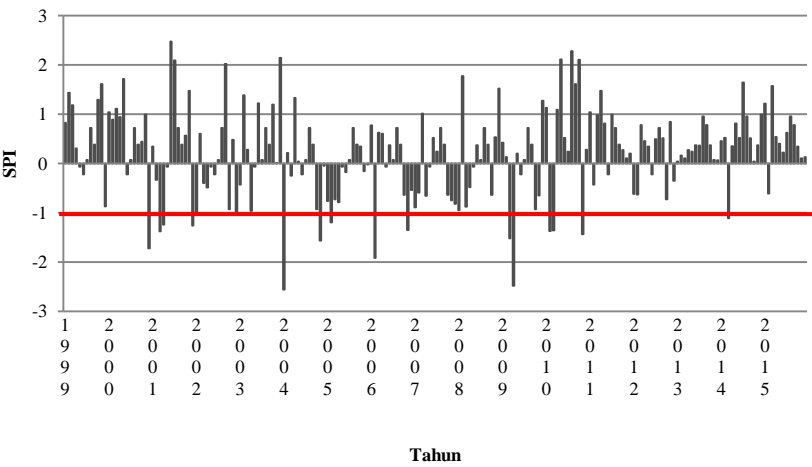
Garis merah menunjukkan batas bawah nilai SPI dinyatakan mengalami kekeringan

(d) Stasiun Meteorologi Umbu Meheng Kunda



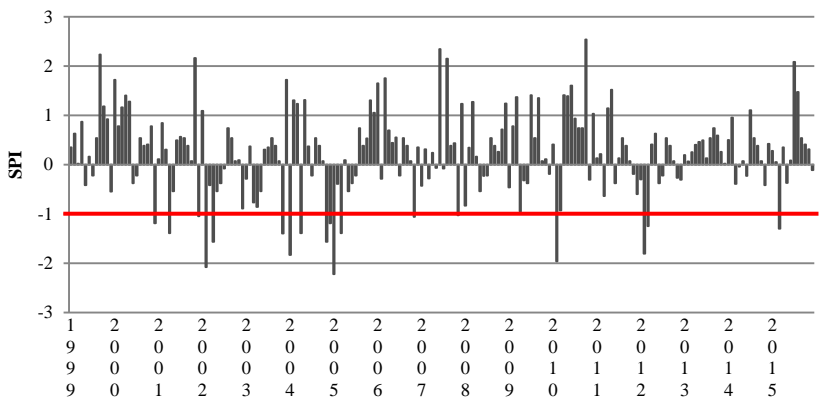
Keterangan:
Garis merah menunjukkan batas bawah nilai SPI dinyatakan mengalami kekeringan

(e) Stasiun Klimatologi Lasiana



Keterangan:
Garis merah menunjukkan batas bawah nilai SPI dinyatakan mengalami kekeringan

(f) Stasiun Meteorologi Eltari



Keterangan:
Garis merah menunjukkan batas bawah nilai SPI dinyatakan mengalami kekeringan

(g) Stasiun Meteorologi Tardamu

Lampiran 5A. Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi
Gewayantana Tahun 1999-2015

Tahun	Bulan	Durasi	<i>Magnitude</i>	<i>Intensity</i>
2001-2002	XII-I	2	2,08	1,04
2002-2003	XII-VII	8	6,85	0,86
2003-2004	XI-VII	9	7,61	0,85
2006	XI	1	1,41	1,41
2010	I	1	1,05	1,05
2014	III-IV	2	1,50	0,75
2014	XI-XII	2	1,36	0,68

Lampiran 5B. Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi
Umbu Meheng Kunda Tahun 1999-2015

Tahun	Bulan	Durasi	<i>Magnitude</i>	<i>Intensity</i>
2001	II	1	1,17	1,17
2002	III	1	2,39	2,39
2004	IV-V	2	1,59	0,80
2004-2005	XI-VI	8	8,26	1,03
2006-2007	XI-II	4	2,95	0,74
2008	I	1	1,95	1,95
2009	IV	1	1,57	1,57
2009	XI-XII	2	2,12	1,06
2009	II-III	2	4,46	2,23
2011	XII	1	1,60	1,60
2014	I	1	1,62	1,62

Lampiran 5C. Kejadian Kekeringan di Stasiun Klimatologi
Lasiana Tahun 1999-2015

Tahun	Bulan	Durasi	<i>Magnitude</i>	<i>Intensity</i>
2001	III-V	3	2,54	0,85
2002	I	1	1,02	1,02
2002	XII	1	1,27	1,27
2004	I	1	2,37	2,37
2004	IV-VI	3	1,71	0,57
2004	XI	1	1,57	1,57
2005	II	1	1,21	1,21
2006-2007	XI-II	4	3,11	0,78
2009	III-IV	2	3,16	1,58
2010	II-III	2	2,75	1,38
2010	XI	1	1,11	1,11
2012	I-VI	6	4,60	0,77
2012	XI-XII	2	2,62	1,31

Lampiran 5D. Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi
Eltari Tahun 1999-2015

Tahun	Bulan	Durasi	<i>Magnitude</i>	<i>Intensity</i>
2000	XII	1	1,72	1,72
2001	III-V	3	2,69	0,90
2001-2002	XII-I	2	2,24	1,12
2004	I	1	2,56	2,56
2004-2005	XI-VI	8	5,35	0,67
2006	II	1	1,92	1,92
2006-2007	XI-II	4	3,37	0,84
2009	III-IV	2	4,00	2,00
2010	II-III	2	2,73	1,37
2010	XI	1	1,44	1,44
2014	III	1	1,11	1,11

Lampiran 5E. Kejadian Kekeringan di Stasiun Meteorologi
Tardamu Tahun 1999-2015

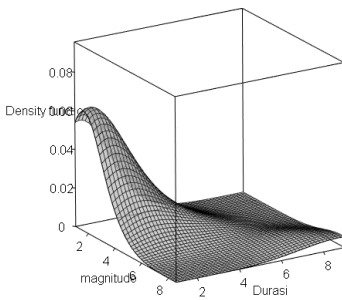
Tahun	Bulan	Durasi	<i>Magnitude</i>	<i>Intensity</i>
2000	XII	1	1,19	1,19
2001	IV-V	2	1,93	0,97
2001	XII	1	1,05	1,05
2002	II-VII	6	5,07	0,85
2003	XI	1	1,40	1,40
2004	I	1	1,83	1,83
2004	IV	1	1,39	1,39
2004-2005	XI-III	5	6,76	1,35
2006	XI	1	1,06	1,06
2007	XI	1	1,03	1,03
2010	II-III	2	2,89	1,45
2012	II-III	2	3,06	1,53
2015	III	1	1,30	1,30

Lampiran 6. *Script Joint PDF* dalam *Package* sm, rpanel, dan rgl
Software R

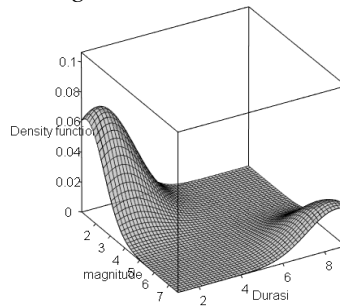
```
> library(sm)
> library(rpanel)
> library(rgl)
> x=cbind(data$durasi,data$magnitude)
> h=h.select(x)
> ft=sm.density(x,h,method="cv",weights=NA,group=NA,
  xlab="Durasi",ylab="magnitude",panel=TRUE)

# data$durasi,data$magnitude adalah data durasi dan
  magnitude, dimana dalam R ditampilkan dalam bentuk kolom
```

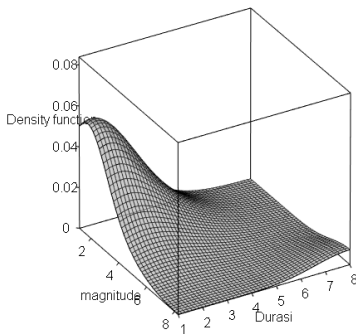

Lampiran 7. *Joint PDF Durasi dan Magnitude*



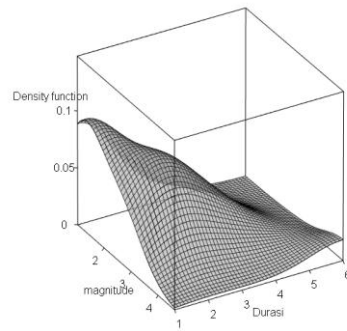
(a) Stasiun Meteorologi Frans S.L



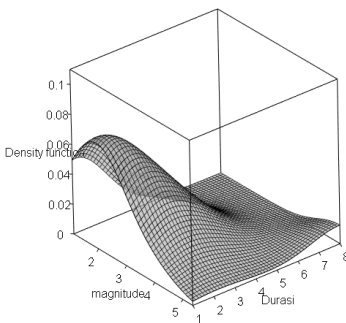
(b) Stasiun Meteorologi Gewayantana



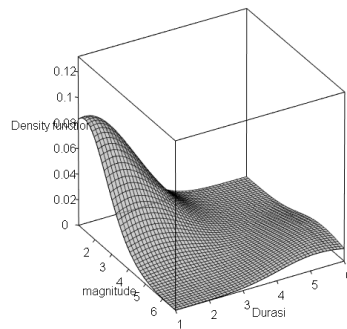
(c) Stasiun Meteorologi Umbu M.K



(d) Stasiun Klimatologi Lasiana



(e) Stasiun Meteorologi Eltari



(f) Stasiun Meteorologi Tardamu

Lampiran 9. Surat Pernyataan Data Tugas Akhir

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa jurusan Statistika FMIPA ITS:

Nama : Rosyida Inas

NRP : 1313100095

menyatakan bahwa data yang saya gunakan dalam Tugas Akhir/~~Thesis~~ ini merupakan data sekunder yang diambil dari ~~penelitian/buku~~/Tugas Akhir/~~Thesis~~/publikasi lainnya yaitu:

Sumber : *Data Online BMKG*

Keterangan : Data Curah Hujan Harian di Nusa Tenggara Timur Periode Tahun 1999-2015

Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Apabila terdapat pemalsuan data maka saya siap menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

Surabaya, Januari 2017



Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, M.Si
NIP. 19820326 200312 1 004



Rosyida Inas
NRP. 1313100095

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Rosyida Inas yang biasa dipanggil Ocid lahir di Tangerang, 8 April 1995. Penulis adalah anak kedua dari empat bersaudara oleh pasangan Lamto Widodo dan Suharmini. Pendidikan yang telah diselesaikan adalah di TK Permata Hati, SD Sunan Bonang (2001-2007), MTs Negeri 1 Tangerang (2007-2010), dan MAN Insan Cendekia Gorontalo (2010-2013). Setelah lulus dari MAN penulis diterima di Jurusan Statistika ITS dengan NRP 1313100095. Penulis aktif mengikuti Organisasi kampus yaitu menjadi Koordinator Putri Departemen Kaderisasi FORSIS-ITS periode 2015/2016, anggota Tim Ahli Divisi *Professional Statistics* HIMASTA-ITS periode 2015/2016, dan Wakil Direktur II Badan Pelaksana Mentoring JMMI TPKE ITS periode 2016/2017. Selain itu, penulis pernah menjadi Ketua *Statistics Competition* (STATION) 2015, serta menjadi *Steering Committee* (SC) Bina Cinta Statistika 2015. Pengalaman berkesan lainnya adalah menjalani program *internship* di PT Pertamina Lubricants Sales Region V Surabaya, serta menjadi asisten dosen pada mata kuliah Program Ilmu Komputer, Program Komputer, Komputasi Statistika, Teknik Sampling dan Survei, serta Statistika Non Parametrik. Pengalaman tersebut memberikan pelajaran bagi penulis untuk mengetahui bagaimana kondisi dunia pekerjaan yang sebenarnya baik di perusahaan maupun di bidang akademik. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ingin berdiskusi dengan penulis dapat mengirimkan email ke inasrosyida@gmail.com.